Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT (BERLIN-DAHLEM) P. DEBYE (BERLIN-DAHLEM) F. K. DRESCHER-KADEN (GÖTTINGEN) H. v. FICKER (WIEN) R. GRAMMEL (STUTTGART)

O. HAHN (BERLIN-DAHLEM) M. HARTMANN (BERLIN-DAHLEM) F. KÖGL (UTRECHT) M. v. LAUE (BERLIN) E. v. d. PAHLEN (POTSDAM)

F. SAUERBRUCH (BERLIN) H. SPEMANN (FREIBURG I. BR.) H. STILLE (BERLIN) F. v. WETTSTEIN (BERLIN-DAHLEM)

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 19 (SEITE 305—320) 12. MAI 1939 27. JAHRGANG

INHALT:

Schnelle und langsame Mesotronen in der kosmischen Ultrastrahlung. Von W. BOTHE. (Mit 2 Figuren) 305

Zur Rassen- und Artbildung in der Papilio machaon-Gruppe. Bericht über die Ausstellung von Dr. Karl Eller in München anläßlich des VII. Internationalen Kongresses für Entomologie in Berlin 1938. Von FELIX PAGAST. (Mit 8 Figuren) 312

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Über eine neue Phosphorylierungsmethode 1 Glucosyl-phosphat. Von LEONIDAS ZERVAS . . 317

Zur Theorie des Gastrennungsverfahrens von Clusius und Dickel. Von W. VAN DER GRINTEN 317

Zum Mechanismus der Bildung von Polythionsäuren. Von HELLMUTH STAMM und MARGOT GOEHRING 317

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe II. Umschlagseite!

Röntgen-

Grob- und Feinstrukturuntersuchung

mit

Seifert-

Röntgenapparaten

Verlangen Sie Sonderdrucke über die Verwendung von Röntgenstrahlen für technische Untersuchungen.

RICH. SEIFERT & CO. / HAMBURG 13

Naturwiss.

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses!

Arsenwasserstoff und Blut. Von FRITZ JUNG . 318
Über die Selbstentzündung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen durch adiabatische Verdichtung. Von W. JOST und H. TEICHMANN. (Mit 1 Figur) 318
Über die biochemische Dehydrierung von Keimdrüsenhormonen mit einem reinen Bakterienstamm. Von LUIGI MAMOLI, RICHARD KOCH und HERMINE TESCHEN 319
BESPRECHUNGEN
KUHN, WERNER, Physikalische Chemie. (Ref.: E. Bartholomé) 319
Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor" 1925—1927, herausgegeben im Auftrage der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von A. Defant. Band III, 1. Teil: Morphologie des Atlantischen Ozeans. Vierte Lieferung: Theodor Stocks, Grundkarte der ozeanischen Lotungen, 1 : 5000000, Blatt S II_2. (Ref.: Håkon Mosby) 320
Band VI, 2. Teil: Quantitative Untersuchungen zur Statik und Dynamik des Atlantischen Ozeans. Dritte Lieferung: Georg Wüst (unter Mitarbeit von A. Defant), Die dynamischen Werte für die Standardhorizonte an den Beobachtungsstationen. (Ref.: Håkon Mosby) 320

Lichtelektrisches Kolorimeter

Neues Universalmodell II. Mit Meßtrommel für die Kompensationsmethode. Gleichzeitig geeignet für die Ausschlags- und Vergleichsmethode. **Reflektoreinsatz** für feste und pulverförm. Körper. **Reagensglaseinsatz** für Serienmessungen. **Zusatzgerät** für Spektrallampen. **Monochromatische Filter.**

Preis RM 350.— *Ausführliche Broschüre steht zur Verfügung*

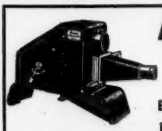
Weitere Druckschriften: Photoelemente, Glanzmesser, Reflexionsmesser, Spaltokular, Beleuchtungsmesser, Multiflex-Galvanometer, Photoelektr. Schaltgeräte für autom. Regelung chem. Vorgänge

DR. B. LANGE

SPEZIALFABRIK LICHTELEKTRISCHER ZELLEN UND APPARATE

Berlin-Dahlem, Garystr. 45/47 FERNRUF: 764939

Zur Zeit ist Anzeigen-Preisliste Nr. 4 gültig!



Liesegang

Projektionsapparate und Epidiaskope

Erhältlich in allen Ausführungen u. Preislagen

Ed. Liesegang, Düsseldorf

Postfach

Listen frei!

Monographien zum Pflanzenschutz

Herausgegeben von Professor Dr. **H. Morstatt,** Berlin-Dahlem

Heft 1: **Der Apfelblattsauger.** (Psylla mali Schmidberger.) Von Dr. **Walter Speyer,** Regierungsrat bei der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Stade. Mit 59 Abbildungen. VII, 127 Seiten. 1929. RM 8.64

Heft 2: **Die Rübenblattwanze.** (Piesma quadrata Fieb.) Von Dr. **Johannes Wille,** Aschersleben. Mit 39 Abbildungen. III, 116 Seiten. 1929. RM 8.64

Heft 3: **Die Forleule.** (Panolis flammea Schiff.) Von Dr. **Hans Sachtleben,** Regierungsrat bei der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Mit 35 Abbildungen im Text und einer mehrfarbigen Tafel. IV, 160 Seiten. 1929. RM 14.22

Heft 4: **Die Aphelenchen der Kulturpflanzen.** Von Dr. **H. Goffart,** Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Mit 42 Abbildungen im Text und einer mehrfarbigen Tafel. V, 105 Seiten. 1930. RM 13.32

Heft 5: **Der Wurzeltöter der Kartoffel.** (Rhizoctonia solani K.) Von Dr. **Hans Braun,** Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Mit 17 Abbildungen und 14 Tabellen. III, 136 Seiten. 1930. RM 11.52

Heft 6: **Der linierte Graurüssler oder Blattrandkäfer.** (Sitona lineata L.) Von Dr. **K. Th. Andersen,** a. o. Hochschulprofessor, Vorstand des Zoologischen Instituts Weihenstephan der Technischen Hochschule München. Mit 40 Abbildungen. VII, 88 Seiten. 1931. RM 9.60

Heft 7: **Die Rübenfliege.** (Pegomyia hyoscyami Pz.) Von Dr. **H. Bremer,** Zweigstelle Aschersleben der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, und Dr. **O. Kaufmann,** Fliegende Station Heinrichau der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Mit 32 Abbildungen. V, 110 Seiten. 1931. RM 12.—

Heft 8: **Die Blattrollkrankheit der Kartoffel.** Von Dr. **F. Esmarch,** Staatliche Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Dresden, Abteilung Pflanzenschutz. Mit 6 Abbildungen. III, 91 Seiten. 1932. RM 9.90

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

27. Jahrgang | 12. Mai 1939 | Heft 19

Schnelle und langsame Mesotronen in der kosmischen Ultrastrahlung.

Von W. BOTHE, Heidelberg.

1. Einleitung. Vor rund einem Jahrzehnt wurde der Ultrastrahlforschung eines ihrer unentbehrlichsten Werkzeuge beschert: das GEIGER-MÜLLERsche Zählrohr, dessen Bedeutung gerade für diesen Forschungszweig auch sofort von GEIGER klar erkannt und betont wurde (1).

Schon auf Grund der ersten Koinzidenzversuche mit 2 Zählrohren konnte der Schluß gewagt werden, daß die kosmische Ultrastrahlung geladene Teilchen mit Energien von mindestens 10^9 e-Volt enthält (2). Diese Energieschätzung beruhte auf dem beobachteten Durchdringungsvermögen und war grundsätzlich unabhängig von der angenommenen Natur der Teilchen, obwohl naturgemäß in erster Linie an Elektronen zu denken war. Wenn nun dieser Schluß heute auch noch zu Recht besteht, so hat doch inzwischen ein Jahrzehnt Ultrastrahlforschung (hauptsächlich mit Zählrohren, dem HOFFMANN-Elektrometer und der WILSONschen Nebelkammer betrieben) gezeigt, daß die Erscheinungen der Ultrastrahlung in mehrfacher Hinsicht viel komplexer sind, als man damals annehmen konnte. Die Wichtigkeit dieses ganzen Forschungsgebietes liegt aber eben darin, daß man hier die einzige Möglichkeit hat, „Milliarden-Volt-Physik" zu treiben, während man mit den heutigen Laboratoriumsmitteln allein nicht wesentlich über die „Millionen-Volt-Physik" hinauskommt.

Zwei Punkte sind insbesondere für die folgende kurze Zusammenstellung von Wichtigkeit. Erstens hat sich gezeigt, daß die Ultrastrahlung, wie sie in der Erdatmosphäre und darunter in Erscheinung tritt, nicht einheitlich ist: sie besteht aus Elektronen, Photonen (Lichtquanten) und Mesotronen (daneben auch Protonen und Neutronen). Das Mesotron, das jüngste unter den heute bekannten Elementarteilchen der Materie, hatte etwa die folgende Geburtsgeschichte. Eine Elektronenstrahlung mit den klassischen Eigenschaften einer solchen hätte, auch bei viel höherer Energie als 10^9 e-Volt, ein viel geringeres Durchdringungsvermögen als es die Ultrastrahlung aufweist, weil bei hohen Energien der Energieverlust durch die sehr hohe Strahlungsbremsung infolge der kleinen Masse bestimmt ist. Daß aber die Elektronen ihre klassischen Eigenschaften bei so hohen Energien noch behalten, konnte gerade aus Ultrastrahlversuchen entnommen werden. So konnten NEDDERMEYER und ANDERSON (3) auf eine neue Teilchenart schließen, die etwa 100mal schwerer als das Elektron, also etwa 18mal leichter als das Proton ist. Der direkte Nachweis des Mesotrons folgte kurz darauf in der Nebelkammer. Es gibt positiv und negativ einfach geladene und, wie man mit guten Gründen annimmt, auch elektrisch neutrale Mesotronen. Sie bilden die „harte Komponente" der Ultrastrahlung, während die „weiche Komponente" aus einem Gemisch von Elektronen beiderlei Vorzeichens und Photonen besteht.

Die Existenz eines Teilchens von etwa 100facher Elektronenmasse ist schon vorher von YUKAWA auf Grund theoretischer Betrachtungen über den radioaktiven ß-Zerfall postuliert worden. Nach dieser Theorie sollte das Mesotron radioaktiv sein, es sollte nach einer mittleren Lebensdauer der Größenordnung 10^{-6} sec in ein Elektron und ein Neutrino zerfallen (4). Dies ist der Hauptgrund, weshalb man heute zu der Annahme neigt, daß die Mesotronen nicht unmittelbar aus dem Weltenraum stammen, sondern erst an der Grenze unserer Atmosphäre durch Photonen oder Elektronen gebildet werden.

Der zweite wichtige Punkt ist, daß in der Materie die genannten Strahlenarten sich ineinander umwandeln, und zwar so, daß aus einem Strahl ganze Garben („Schauer") von mehreren (bis zu mehreren 1000) derselben oder verschiedener Art entstehen können. Die zuerst und am häufigsten beobachteten Schauer divergieren über ziemlich große Winkel; der *mittlere* Winkel zwischen 2 Strahlen beträgt etwa 30° (5). Ihr Durchdringungsvermögen ist vergleichsweise gering; mit einer der üblichen Zweistrahl-Koinzidenzanordnungen (Fig. 1) gemessen, genügen einige Millimeter Blei, um die Häufigkeit dieser Schauerkoinzidenzen auf die Hälfte herabzudrücken. Diese „weichen" oder „weiten" Schauer bestehen aus Elektronen und Photonen. Ihre Entstehungsweise dürfte durch die Kaskadentheorie endgültig erklärt sein (6, 7): Sie entstehen aus der weichen Komponente der Ultrastrahlung durch wechselweise fortschreitende Erzeugung von Bremsphotonen aus Elektronen und von Elektronenpaaren aus Photonen, wobei die Teilchenzahl um so höher anwachsen kann, je mehr Energie in den ganzen Vorgang hineingesteckt ist.

Später gelang es, eine weitere Art von Schauern festzustellen, die sich in mehreren Punkten charakteristisch von den vorigen unterscheiden (8). Der Winkel zwischen 2 Strahlen überschreitet nicht ungefähr 10°, für ihr Durchdringungsvermögen (Halbwertdicke) findet man etwa 2,5 cm Blei mit der Anordnung Fig. 1. Sie werden vorwiegend durch die harte Komponente der Ultrastrahlung, also durch schnelle Mesotronen ausgelöst. Wir bezeichnen sie als „harte" oder „enge" Schauer. Versuchsweise wurden sie als Mesotronen gedeutet.

In letzter Zeit ist eine ganze Reihe von neuen theoretischen und experimentellen Untersuchungen durchgeführt worden, welche die die harten Schauer betreffenden Fragen auf erheblich breiterer Grundlage zu erörtern gestatten. Dies soll im folgenden geschehen. Das wichtigste Ergebnis wird sein, daß alles für die Mesotronennatur der harten Schauer spricht, und daß überhaupt die Auslösung sekundärer Mesotronen durch die energiereichen Mesotronen der harten Komponente ein häufiger Vorgang zu sein scheint.

2. *Das Durchdringungsvermögen der harten Schauer.* Der Gedanke, daß die harten Schauer nicht aus Elektronen, sondern aus Mesotronen bestehen, wird von vornherein nahegelegt durch ihr großes Durchdringungsvermögen. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die Absorption eines Elektronenschauers ein sehr verwickelter Vorgang ist, noch verwickelter als die Absorption der schauer*auslösenden* Elektronenkomponente der Ultrastrahlung, welche kürzlich von ARLEY (9) auf der Grundlage der Kaskadentheorie quantitativ behandelt wurde. Es kann nämlich ungefähr jedes einzelne Schauerteilchen, indem es den Absorber durchsetzt, eine weitere Kaskadenmultiplikation erfahren (Fig. 1); dies macht sich je nach der Meßanordnung in verschiedener Weise bemerkbar. Daher sind nur solche Ergebnisse vergleichbar, die mit prinzipiell gleichartigen Meßanordnungen gewonnen wurden, z. B. mit der in Fig. 1 schematisch wiedergegebenen, die nach ZEILLER (10) besonders geeignet ist. In Fig. 2 sind einige Schauerabsorptionskurven in Blei wiedergegeben, die mit solchen Anordnungen erhalten wurden.

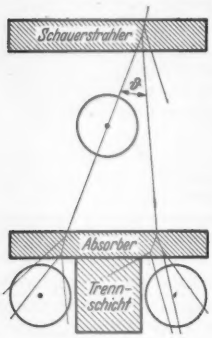


Fig. 1. Meßprinzip für Ultrastrahlschauer.

Die Kurve I hat ZEILLER (10) bei einem mittleren Divergenzwinkel $\vartheta \approx 60°$ gemessen, während die Kurven II und III von SCHMEISER und BOTHE (8) bei $\vartheta = 11°$ bzw. $4°$ erhalten wurden. Diese Kurven sollen noch einmal vor Augen führen, daß in der Tat das Durchdringungsvermögen (die Halbwertdicke) der Schauer um rund eine Größenordnung zunimmt, wenn man nur die engen Schauer zur Wirkung kommen läßt.

Zunächst mag eine solche Korrelation zwischen Divergenzwinkel und Absorbierbarkeit der Schauerteilchen vielleicht aus Impulsgründen trivial vorkommen. Aber eine nähere Überlegung nach der Kaskadentheorie läßt es sehr unwahrscheinlich erscheinen, daß in einem Elektronenschauer, welcher in einer dicken Bleischicht entsteht, noch eine so ausgeprägte Bevorzugung bestimmter Winkelbereiche bestehen bleiben kann. Der Schluß ist schwer vermeidbar, daß die harten Schauer nicht aus Elektronen, sondern aus schwereren Teilchen bestehen.

Dieser Schluß wird nun noch wesentlich erhärtet durch die verdienstvolle Arbeit von ARLEY (9), in welcher die Kaskadentheorie quantitativ bis zur Vergleichsmöglichkeit mit dem Experiment durchgerechnet wird. Aus dieser Arbeit geben wir die theoretische Absorptionskurve der die weichen Schauer *auslösenden* Strahlung, nämlich der weichen Komponente der Ultrastrahlung selbst in Blei (Fig. 2, Kurve A); diese scheint den entsprechenden Messungen fast quantitativ gerecht zu werden. Man kann daran folgende Überlegung

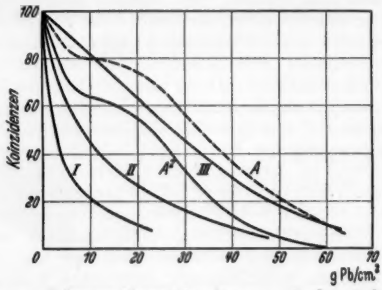


Fig. 2. Schauer-Absorptionskurven. I: $\vartheta = 60°$ (ZEILLER); II: $\vartheta = 11°$ (SCHMEISER und BOTHE); III: $\vartheta = 4°$ (SCHMEISER und BOTHE). *A* Theoretische Absorptionskurve der weichen Komponente (ARLEY); A^2 Kurve *A* mit quadrierten Ordinaten.

knüpfen. Angenommen, *alle* Schauer wären Kaskadenschauer aus Elektronen und Photonen, und das Energiespektrum der Schauerteilchen wäre dasselbe wie das der weichen Komponente der Ultrastrahlung; dann würde man eine Schauer-Absorptionskurve nach Kurve A erhalten, wenn unter dem Absorber (Fig. 1) nur *ein* Zählrohr angebracht wäre. In Wirklichkeit sind 2 Zählrohre vorhanden, auf welche mindestens 2 aus dem Schauerstrahler austretende Schauerteilchen durch den Absorber hindurch wirken müssen, damit eine Koinzidenz beobachtet wird; darum müssen die Ordinaten der Kurve A quadriert werden, um mit den experimentellen Kurven verglichen zu werden (vgl. O. ZEILLER, a. a. O.). Das gibt die Kurve A^2, die nun deutlich *unter* der experimentellen Kurve III für $\vartheta = 4°$ liegt, d. h. *die harten Schauerteilchen sind sogar etwas durchdringender als die weiche Ultrastrahlkomponente*, während das Gegenteil erwartet wird und bei größerem Winkel auch der Fall ist (Kurve I). Nach der Kaskadentheorie kann man abschätzen, welche Energie ein Primärstrahl haben müßte, um einen Elektronenschauer von dem Durchdringungsvermögen, wie es Kurve III der Fig. 2 zeigt, zu erzeugen. Man kommt auf eine Primärenergie von mindestens 10^{11} e-Volt. So hohe Energien sind in der Ultrastrahlung außerordentlich schwach vertreten (11), so daß die große Häufigkeit harter Schauer nicht auf diesem Wege

erklärt werden kann. Entsprechende Schlüsse lassen sich auch aus Messungen von JANOSSY (12) ziehen, obwohl die Versuchsanordnung hier weit weniger durchsichtig ist.

Bei diesen Überlegungen ist noch ein wichtiger experimenteller Umstand zu berücksichtigen. Bei Untersuchung der engen Schauer muß man aus Intensitätsgründen mit ziemlich ausgedehnten Zählrohren arbeiten, so daß viele weite Schauer mitgemessen werden. Daher kann das wirkliche Durchdringungsvermögen der engen Schauer noch erheblich größer sein als die Messungen ergaben.

Somit ist schon nach dem Durchdringungsvermögen der harten Schauer der Schluß kaum zu umgehen, daß sie nicht aus Elektronen, sondern aus schwereren Teilchen, vermutlich also Mesotronen bestehen. Wir werden aber im folgenden noch direktere Argumente dafür beibringen können.

3. Die Teilchenzahl in den harten Schauern. Ein mit der Anordnung nach Fig. 1 nachgewiesener harter Schauer besteht im allgemeinen nur aus wenigen Teilchen, wie SCHMEISER und BOTHE durch Unterteilung der unteren beiden Zählrohre gezeigt haben (8). Hiermit sind nun neue Versuche von MAIER-LEIBNITZ mit der Nebelkammer vollkommen im Einklang (13). Von den beobachteten harten Schauern bestanden 63 aus 2 Teilchen, 2 aus 3 Teilchen, 1 aus 4 Teilchen und 1 aus etwa 10 Teilchen. *Die harten Schauer sind also viel teilchenärmer als die weichen.* Dabei kommen die harten Schauer aus viel größeren Bleitiefen (bis 17 cm; vgl. Ziff. 7). Wären die harten Schauer Elektronenschauer, welche etwa durch besonders harte Anteile der Primärstrahlung erzeugt werden, so sollten sie im Gegenteil besonders teilchenreich sein, weil sie wegen ihres größeren Durchdringungsvermögens viel mehr Multiplikationen in einem dicken Schauerstrahler erfahren würden als die weichen Schauer.

4. Direkter Nachweis langsamer Mesotronen. Ein Mesotron ist von einem Elektron im allgemeinen nur dann sicher zu unterscheiden, wenn es verhältnismäßig kleine Energie hat. Man muß nämlich, um die Teilchenmasse zu finden, zwei von den folgenden drei Größen messen können: Impuls (Krümmung im Magnetfeld), Ionisierungsdichte und Reichweite; die letzten beiden Größen sind nur bei verhältnismäßig kleiner Geschwindigkeit mit genügender Genauigkeit meßbar. Auf diese Weise waren bis vor kurzem ein rundes Dutzend langsamer Mesotronen festgestellt worden, meist von verschiedenen Autoren.

MAIER-LEIBNITZ (13) ist es nun gelungen, in einer zusammenhängenden Versuchsreihe mit einer speziell konstruierten Nebelkammer 5 Mesotronenbahnen zu photographieren, welche im Innern der Kammer endigen. Diese Teilchen kamen im wesentlichen aus einer 5 cm starken Bleischicht, die sich über der Kammer befand. Hieraus lassen sich direkte Schlüsse ziehen auf die Häufigkeit der Entstehung langsamer Mesotronen im Meeresniveau. Aus der Gesamtlänge der gleichzeitig mitphotographierten Ultrastrahlbahnen ergibt sich, daß ein Bahnende eines Mesotrons auf je 70 m Ultrastrahlbahn in Luft, entsprechend rund 1,5 cm Blei kommt. Die Bahnenden liegen also überraschend dicht. Wollte man sie als Enden derjenigen Mesotronen deuten, welche die harte Komponente der Ultrastrahlung selbst bilden, so würde man auf eine viel zu hohe Absorbierbarkeit der Ultrastrahlung kommen. Man ist daher gezwungen, diese langsamen Mesotronen als Sekundärteilchen zu deuten, welche von den schnellen Mesotronen der harten Komponente ausgelöst werden. Weiter ergibt sich dann durch eine elementare Überlegung, daß die angegebene Strecke von 1,5 cm Blei eine einfache Bedeutung hat: sie ist die Summe der mittleren Reichweite der Sekundärmesotronen und der mittleren Weglänge des primären Mesotrons zwischen 2 Sekundärprozessen. Keine dieser beiden Größen kann also größer als 1,5 cm Blei sein. Hiernach besteht kein Zweifel, daß *die Auslösung relativ energiearmer Mesotronen durch die energiereichen Mesotronen der harten Ultrastrahlkomponente ein recht häufiger Vorgang ist.*

Näheres über diese Sekundärmesotronen kann man nun aus Nebelkammerversuchen entnehmen, bei denen im Innern der Kammer Metallschichten angebracht sind, welche von den Ultrastrahlen durchsetzt werden. Verschiedene Autoren haben festgestellt, daß dabei nur einige Prozent der durchgehenden schnellen Mesotronen ein beobachtbares Sekundärteilchen auslösen (14, 15). Im allgemeinen wurde zwar angenommen, daß diese Sekundärteilchen Elektronen sind, die durch Stoß eines schnellen Mesotrons in Bewegung gesetzt werden, nach einer von BHABHA entwickelten Theorie (16), welche auch für die Häufigkeit solcher Stoßprozesse die richtige Größenordnung liefert (vgl. Ziff. 10). Wir müssen jedoch annehmen, daß sich unter diesen Teilchen auch die Sekundärmesotronen befinden werden, sofern sie überhaupt merklich in Erscheinung treten, und können danach ihre Reichweite abschätzen. Wenn *alle* diese Sekundärteilchen Mesotronen wären (was man ihnen in den allermeisten Fällen nicht unmittelbar ansehen könnte), so bedeutete dies, daß ihre mittlere Reichweite nicht größer sein kann als einige Prozent des mittleren Abstandes (1,5 cm), in welchem sie durch ein schnelles Mesotron längs seiner Bahn ausgelöst werden, d. h. *die mittlere Reichweite der langsamen Sekundärmesotronen kann nicht größer als etwa 0,15 cm Blei sein.* Dies ist wieder in Übereinstimmung mit einem Befund von HOPKINS, NIELSEN und NORDHEIM (15), wonach die Sättigungsdicke für die Auslösung der Sekundärteilchen nicht mehr als etwa 0,3 cm Blei beträgt. Dieser Befund scheint uns bedeutsam, weil man für die erwähnten BHABHAschen Stoßelektronen (und die durch sie eingeleiteten weichen Schauer) eine Sättigungsdicke von mehr als 1 cm Blei erwarten würde. Dies dürfte sehr dafür sprechen, daß unsere Deutung wenigstens für einen Teil der Sekundärteilchen zutrifft.

Eine Mesotronenreichweite von 0,15 cm Blei entspricht einer mittleren Energie von der Größenordnung 10^7 e-Volt, wenn man als Masse des Mesotrons $^1/_{15}$ der Protonenmasse annimmt.

Die Auslösung eines Sekundärmesotrons bedeutet einen Energieverlust des auslösenden Mesotrons, welcher sich zusammensetzt aus der aufzubringenden Bildungsenergie des Mesotrons ($\sim 6 \cdot 10^7$ e-Volt) und der kinetischen Energie, die es erhält. Pro Zentimeter Blei beträgt der Energieverlust also rund $5 \cdot 10^7$ e-Volt. Nun hängt nach direkten Messungen von BLACKETT und WILSON (14) der Energieverlust schneller Mesotronen von der Energie ab und beträgt im Maximum (bei einer Primärenergie von etwa $1{,}5 \cdot 10^9$ e-Volt) $35 \cdot 10^7$ e-Volt/cm Blei. Dies ist viel mehr als man durch Ionisation und Strahlungsbremsung erklären kann. Die Möglichkeit ist daher nicht von der Hand zu weisen, daß *die Bremsung schneller Mesotronen zu einem wesentlichen Teil auf die Bildung von Sekundärmesotronen zurückzuführen* ist, besonders da auch ungeladene Sekundärmesotronen mit ähnlicher Häufigkeit entstehen können, die oft in der Nebelkammer keine Spur hinterlassen werden.

Da nun jedenfalls die Auslösung langsamer Mesotronen durch schnelle ein experimentell gesicherter Vorgang ist, liegt es nahe, von hier eine Verbindung zu den harten Schauern zu suchen. Diese bestehen aus Mesotronen, deren Durchdringungsvermögen wesentlich über dem oben geschätzten mittleren Durchdringungsvermögen der Sekundärmesotronen liegt. Andererseits sind die harten Schauer aber auch weit seltener als die langsamen Mesotronen. MAIER-LEIBNITZ (13) hat neben den erwähnten Mesotronenenden auch 67 harte Schauer beobachtet, welche die Nebelkammer durchquerten; daraus berechnet sich, daß die freie Weglänge eines schnellen Mesotrons für die Auslösung eines sekundären, mittelschnellen Schauermesotrons etwa 200 cm Blei beträgt. Aus den Koinzidenzmessungen von SCHMEISER und BOTHE (8) folgt dasselbe. Man kann sich also vorstellen, daß die Sekundärmesotronen ein nach großen Energien stark abfallendes Spektrum haben, so daß unter einigen 100 Sekundärmesotronen eines ist, dessen Energie um eine Größenordnung höher als die mittlere ist, und welches zusammen mit dem auslösenden als harter Schauer beobachtet wird[1].

5. Erzeugung weicher Schauer durch harte. Wenn der Schauerstrahler (Fig. 1) einige Zentimeter dick ist, kann man durch geeignete Koinzidenzversuche feststellen, daß ein harter Schauer häufig im Strahler selbst einen weichen Schauer erzeugt (8). Auch im Absorber kann man die Entstehung weicher Schauer aus harten beobachten, indem man die Trennschicht zwischen den beiden unteren Zählrohren in Fig. 1 entfernt (17). Am anschaulichsten gibt sich dieser Vorgang auf manchen Nebelkammeraufnahmen zu erkennen: Man sieht einen verhältnismäßig teilchenarmen engen Schauer umgeben von einer mehr oder weniger großen Zahl stark divergierender Teilchen. Daß es sich hierbei nicht etwa um die allmähliche Ausbreitung eines gewöhnlichen Schauers durch Streuung handeln kann, zeigen besonders eindrucksvoll die schönen Aufnahmen von FUSSELL (18). Auf einer von diesen [wiedergegeben bei EULER und HEISENBERG (19)] sieht man in einer Bleiplatte von 0,6 cm Dicke einen Schauer entstehen, der nur einen Winkelbereich von wenigen Graden bedeckt; dieser trifft auf eine zweite Bleiplatte von derselben Dicke und erzeugt hier einen Schauer mit Winkeln bis zu 60° oder mehr zwischen den Strahlen. Ein so plötzliches Anwachsen der Winkeldivergenz ist sehr schwer nach dem gewöhnlichen Kaskadenmechanismus der Elektronenschauer zu verstehen. Vielmehr handelt es sich hier wahrscheinlich ebenfalls um die Auslösung eines Elektronenschauers durch einen Mesotronenschauer. Auch die weichen Schauer, welche noch in großer Tiefe unter dem Meeresniveau nachweisbar sind (20), können nur durch (geladene oder ungeladene) Mesotronen erzeugt werden.

Bemerkenswert ist die große Häufigkeit dieses Prozesses. Es scheint, daß beinahe jedes harte Schauerteilchen, wenn es eine gewisse Materieschicht durchsetzt, einen weichen Schauer erzeugt. Dieser Punkt könnte einen wichtigen Anhalt für die Theorie geben.

6. Die Luftschauer. SCHMEISER und BOTHE (8) beobachteten, daß Zählrohrkoinzidenzen auch in freier Luft noch mit überraschend großer Häufigkeit auftraten, wenn die Zählrohre bis zu etwa $^1/_2$ m voneinander entfernt waren. Sie zeigten ferner, daß diese Koinzidenzen nur von Schauern herrühren können, welche in der Atmosphäre über den Zählrohren ihren Ursprung haben, und welche mindestens zu einem großen Teil die Eigenschaften der harten Schauer haben. AUGER und Mitarbeiter (21) sowie KOLHÖRSTER und Mitarbeiter (22) konnten dann Luftschauer noch bei Zählrohrabständen bis 20 m und mehr beobachten und das große Durchdringungsvermögen bestätigen. Nach AUGER und Mitarbeiter sind diese Schauer noch nachweisbar, wenn mehr als 10 cm Blei auf das eine Zählrohr gelegt werden.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Luftschauer dem Wesen nach dasselbe darstellen wie die harten Schauer aus festen Substanzen; sie werden auch stark mit weichen Schauern gemischt sein, welche sie auf ihrem Wege erzeugen. Was aber die Luftschauer von den harten Schauern aus Blei unterscheidet, ist ihr großer Teilchenreichtum. Es treten

[1] Inzwischen hat uns Herr WENTZEL freundlichst darauf aufmerksam gemacht, daß für die Schauermesotronen ein solches Spektrum theoretisch schwer verständlich ist, und daß daher die langsamen Mesotronen von MAIER-LEIBNITZ vielleicht doch durch einen besonderen Prozeß entstehen, welcher mit den harten Schauern nichts zu tun hat. Man könnte an eine Kernanregung durch ein durchgehendes Mesotron und nachfolgende Mesotronenemission des Kerns denken (Anm. b. d. Korr.).

Luftschauer mit mehreren 1000 Teilchen insgesamt auf. Man muß wohl schließen, daß diese in ziemlich großer Höhe entstehen, und daß dort eine sehr energiereiche Strahlung existiert, welche sie auslöst. AUGER und Mitarbeiter haben auch beobachtet, daß die Häufigkeit der Luftschauer stark mit der Meereshöhe zunimmt.

7. Die Rossi-Kurve der harten Schauer. In diesem und dem folgenden Abschnitt haben wir uns noch etwas eingehender mit der Entstehungsweise der harten Schauer zu befassen. Mit wachsender Dicke des Schauerstrahlers durchläuft die Häufigkeit der Schauer 2 Maxima bei etwa 1,7 und 17 cm Blei (Rossi-Kurve). Das erste Maximum scheint sowohl den weichen wie den harten Schauern zuzukommen; hierauf ist weiter unten noch einzugehen. Das zweite Maximum dagegen tritt nur für die harten Schauer ein (8). Das bedeutet erstens wieder, daß die harten Schauer aus dicken Bleischichten nicht durch die weiche, sondern durch die harte Ultrastrahlkomponente ausgelöst werden [wie auch durch Filterung der Primärstrahlen direkt erwiesen werden konnte (8)], und zweitens, daß auch *unter den harten Schauerteilchen solche von mindestens einem Durchdringungsvermögen von 17 cm Blei sind*, wie es für Elektronen nicht möglich ist. Dies ist wohl das direkteste Argument für die Mesotronennatur der harten Schauer.

8. Die Auslösestrahlung. In dem Bisherigen haben wir der Einfachheit halber immer die Vorstellung zugrunde gelegt, daß die harten Schauer allein durch die Mesotronen der harten Ultrastrahlkomponente ausgelöst werden. Dieser Punkt läßt sich auch experimentell noch eingehender behandeln. Man kann allgemeiner fragen, ob die Strahlung, welche die harten oder die weichen Schauer erzeugt, eine ionisierende (Elektronen, geladene Mesotronen) oder eine nichtionisierende (Photonen, neutrale Mesotronen) ist. Diese Frage ist wiederholt geprüft worden, im Prinzip dadurch, daß man über dem Schauerstrahler (Fig. 1) weitere Zählrohre anbrachte und beobachtete, ob diese gleichzeitig mit einem von der unteren Zählrohrgruppe angezeigten Schauer ansprachen. Die bisherigen Ergebnisse waren widersprechend. ROSSI (23) z. B. fand, daß die Auslösestrahlung zu einem wesentlichen Teil ionisierend ist, GEIGER und FÜNFER (24) dagegen, daß sie nichtionisierend ist.

Ähnliche Diskrepanzen bestanden vor der Auffindung der harten (engen) Schauer schon bezüglich der Existenz des zweiten Maximums der Rossi-Kurve. Da diese ihre Aufklärung durch die Verschiedenheit der von den verschiedenen Autoren benutzten Divergenzwinkel gefunden hatten (8), lag die Vermutung nahe, daß auch die Widersprüche bezüglich der Auslösestrahlung einen ähnlichen Grund hatten. Deshalb hat SCHMEISER (25) Koinzidenzmessungen angestellt, deren Endergebnisse in nebenstehender Tabelle zusammengestellt sind. Dabei wurde das Meßprinzip noch etwas verfeinert, um den in früheren Untersuchungen nur unvollkommen berücksichtigten Störeinfluß von Schauern aus der Umgebung mehr quantitativ erfassen zu können.

Natur der schauerauslösenden Strahlung.

ϑ	Dicke des Schauerstrahlers, cm Blei	Anteil ionisierender Auslösestrahlung an der Schauererzeugung, in Prozenten
3°	15,0	75 ± 3
3°	1,5	34 ± 8
21°	1,5	67 ± 2

Man sieht aus der Tabelle, daß die Dinge nicht ganz einfach liegen. Der Bruchteil der Schauer, welcher durch ionisierende Strahlen erzeugt wird, hängt nicht nur vom Divergenzwinkel, sondern auch von der Dicke des Schauerstrahlers ab. Im zweiten Maximum der Rossi-Kurve (15 cm Blei) werden die engen Schauer überwiegend durch ionisierende Teilchen ausgelöst. Diese können aus den schon angeführten Gründen (Ziff. 7) nur Mesotronen sein. Zum kleineren Teil scheinen auch nichtionisierende Auslösestrahlen beteiligt zu sein. Da Photonen wegen ihres geringen Durchdringungsvermögens ausscheiden, handelt es sich hier vermutlich um ungeladene Mesotronen, für deren Existenz gewichtige experimentelle und theoretische Argumente sprechen (26).

Im ersten Maximum der Rossi-Kurve (1,5 cm Blei) werden laut Tabelle die engen Schauer überwiegend durch nichtionisierende Strahlen erzeugt. Die Lage des ersten Maximums spricht dafür, daß hier in der Hauptsache Photonen als Auslösestrahlung wirksam sind, wozu dann noch einige Mesotronen treten, entsprechend dem Anstieg zum zweiten Maximum.

Die weichen Schauer im ersten Maximum werden zu $^2/_3$ durch ionisierende, zu $^1/_3$ durch nichtionisierende Strahlen erzeugt. Dies sind offenbar im wesentlichen die Elektronen und die Photonen, welche zusammen die weiche Komponente der Ultrastrahlung darstellen. Hierzu können wiederum weiche Schauer kommen, welche durch Mesotronen der harten Komponente ausgelöst werden (Ziff. 5); auch diese werden in der Nähe des ersten Maximums der Rossi-Kurve ihre maximale Intensität erreichen.

Die Winkelabhängigkeit, die nach der Tabelle im ersten Maximum der Rossi-Kurve besteht, erklärt sehr wahrscheinlich die obenerwähnten Widersprüche in den früheren Messungen. In der Tat haben GEIGER und FÜNFER bei einem kleineren Divergenzwinkel gemessen als ROSSI.

Die Auslösung harter Schauer durch nichtionisierende Strahlen wird nicht nur durch die Koinzidenzmessungen, sondern auch durch einige Nebelkammeraufnahmen belegt (z. B. FUSSELL). Durch das Vorkommen solcher Prozesse erfahren aber unsere bisherigen Betrachtungen keine wesentliche Einschränkung.

9. Mesotronenschauer vom Standpunkt der Theorie. Über die allgemeine Theorie des Mesotrons hat kürzlich G. WENTZEL (4) in dieser Zeitschrift zusammenfassend berichtet. Die verschiedenen Wechselwirkungsprozesse mit Mesotronen hat

HEITLER (27) eingehend behandelt, darunter auch die Entstehung harter Schauer durch Aufprallen eines schnellen Mesotrons auf ein Proton oder Neutron. Leider liegt das hier eigentlich interessierende Energiegebiet schon außerhalb der Gültigkeitsgrenzen der heutigen Theorie, so daß nur Größenordnungen abgeschätzt werden können. Es ergibt sich aber jedenfalls, daß von Mesotronenenergien ab, die in der Größenordnung der Ruheenergie μc^2 liegen ($\sim 0{,}6 \cdot 10^8$ e-Volt), Mesotronenschauer mit erheblicher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Für ein Mesotron der kinetischen Energie μc^2 berechnet man nach HEITLER (Gl. 16), daß die Weglänge für Erzeugung eines Zweistrahlschauers etwa 2,5 cm Blei betragen sollte. Dies ist in bemerkenswerter Übereinstimmung mit der experimentellen Weglänge von $\sim$ 1,5 cm für die Erzeugung von Sekundärmesotronen (Ziff. 4). Der Wirkungsquerschnitt für diesen Prozeß wird nach HEITLER erst mit der Primärenergie zunehmen, dann durch ein Maximum gehen und wieder abnehmen. Dies entspricht dem Verlauf des Energieverlustes von Mesotronen nach Beobachtungen von BLACKETT und WILSON (14), den wir oben mit der Bildung von Sekundärmesotronen in Zusammenhang brachten; das Maximum des Energieverlustes wurde bei Mesotronen von etwa der dreifachen Ruhenergie beobachtet.

Trotz dieser bemerkenswerten Übereinstimmung befriedigt die Theorie von HEITLER in einem Punkte nicht: sie gibt keine Erklärung für die geringe Winkeldivergenz der harten Schauer, sondern läßt nur weite Schauer erwarten. Hier setzt nun eine interessante Überlegung von WENTZEL (28) ein, nach welcher diese Schwierigkeit eng zusammenhängt mit der oben schon erwähnten Tatsache, daß die Theorie eigentlich schon überbeansprucht wird, wenn man sie auf so große Energien anwendet. Man kann nach WENTZEL diesem Umstand angenähert Rechnung tragen, indem man eine plausible „Abschneidevorschrift" in die Theorie einführt, und erreicht dadurch nicht nur, daß eine Winkeldivergenz in der beobachteten Größenordnung herauskommt, sondern auch, daß die Absorption schneller Mesotronen nicht unbegrenzt mit der Energie anwächst, wie es ohne diese Abschneidevorschrift, in klarem Widerspruch mit der Erfahrung, der Fall wäre. Es liegt allerdings auf der Hand, daß auf diese Weise die Wirkungsquerschnitte für Mesotronenschauer viel kleiner herauskommen; z. B. wird die Weglänge für einen Zweistrahlschauer jetzt einige Meter Blei. Dies entspricht etwa dem Wert für die wirklich als harte Schauer beobachteten Sekundärmesotronen, ist aber einige 100mal mehr als die Weglänge für die Erzeugung *langsamer* Sekundärmesotronen. Ob dies eine ernste Schwierigkeit für die Theorie darstellt, läßt sich wohl vorerst kaum entscheiden[1].

[1] Jedenfalls entfällt diese Schwierigkeit, wenn man die langsamen Mesotronen einem anderen Prozeß zuschreibt als die harten Schauer (vgl. die Fußnote zu S. 308; Anm. b. d. Korr.).

Für das Häufigkeitsverhältnis von Dreistrahl- zu Zweistrahlschauern ergibt sich nach WENTZEL der angenäherte Ausdruck

$$\frac{1}{6}\left(\frac{\hbar}{\mu c}\,\frac{1}{r}\right)^2 = \frac{2 \cdot 10^{-26}}{r^2},$$

wo r eine Länge ist, welche charakteristisch für das Abschneideverfahren ist und etwa in der Größenordnung des Durchmessers der Elementarteilchen liegen sollte. Nach den Versuchen von MAIER-LEIBNITZ (Ziff. 3) beträgt dieses Verhältnis etwa 0,03, so daß $r \approx 8 \cdot 10^{-13}$ cm wird; dies ist wiederum ein plausibler Wert.

Dieselbe Abschneideregel sollte nach WENTZEL auch Gültigkeit haben für die Auslösung von Mesotronenschauern an Protonen oder Neutronen durch *Photonen* (nicht zu verwechseln mit der Bildung von Mesotronenpaaren im elektrischen Kernfeld). So ist auch bei den harten Schauern im *ersten* Maximum der Rossi-Kurve die kleine Winkeldivergenz zu verstehen (Ziff. 7).

10. Andere Mesotronenprozesse. Nächst der gewöhnlichen Streuung eines Mesotrons (die im wesentlichen auf kleine Winkel beschränkt und daher kein sehr auffallender Vorgang sein wird) sind die einfachsten Mesotronenprozesse die *Umwandlung eines ungeladenen in ein geladenes Mesotron* und umgekehrt, durch Wechselwirkung mit einem Proton oder Neutron. Das Vorkommen des ersten Prozesses wird ziemlich deutlich angezeigt durch Versuche von MAASS (29). Hierbei wurde nach dem Prinzip von ROSSI (30) eine Eisenschicht von variabler Dicke einmal über, dann zwischen zwei senkrecht übereinander stehenden Zählrohren angebracht; der Unterschied in der Häufigkeit der Koinzidenzen ist ein Maß für die Häufigkeit geladener Teilchen, welche durch eine *ungeladene* Strahlung im Eisen ausgelöst werden. MAASS machte die wichtige Beobachtung, daß diese Häufigkeit ein Maximum bei einer Dicke von $\sim$ 30 cm Eisen erreicht, was etwa dem zweiten Maximum der Rossi-Kurve entspricht. Hiernach muß sowohl die auslösende ungeladene als auch die ausgelöste geladene Strahlung so durchdringend sein, daß beide kaum anders denn als Mesotronen gedeutet werden können. Zum Teil mag hierbei auch der (theoretisch etwas seltenere) Vorgang der Erzeugung mehrerer geladener Mesotronen (harter Schauer) durch ein neutrales Mesotron mitgewirkt haben, der in Ziff. 8 schon behandelt wurde.

Die *Umwandlung eines geladenen Mesotrons in ein neutrales* nimmt MAIER-LEIBNITZ (31) an zur Deutung einiger merkwürdiger Nebelkammeraufnahmen von peitschenähnlichem Aussehen. Man sieht eine durch das Magnetfeld nicht beeinflußte Teilchenbahn, die sich in einem Fall durch ihre große Dichte wahrscheinlich als Mesotron ausweist; diese bricht plötzlich ab, und an das Ende setzt sich eine Positronenbahn von verhältnismäßig geringer Energie an. Diese Energie ist viel zu klein, als daß man an einen radioaktiven Zer-

fall des Mesotrons denken könnte. Die einfachste Deutung ist die, daß ein positives Mesotron sich durch einen Kernstoß in ein neutrales verwandelt, wobei eine kurzlebige Positronenaktivität des Kerns entsteht. Die Erhaltung des Spins erfordert dann, daß gleichzeitig noch ein (unbeobachtbares) Neutrino entsteht.

Bei einem Mehrfachprozeß dieser Art können aus einem geladenen Mesotron ein geladenes + einem ungeladenen werden, d. h. es entsteht ein *ungeladenes Sekundärmesotron*. Solche Prozesse könnten, in ähnlicher Weise wie die geladenen Sekundärmesotronen, zu den beobachteten Energieverlusten schneller Mesotronen beitragen (Ziff. 4); das neutrale Sekundärteilchen würde dabei wohl meist unbeobachtet bleiben.

Was nun den schon erwähnten, von der Yukawa-Theorie geforderten *spontanen Zerfall des Mesotrons* betrifft, so sind die direkten experimentellen Anhaltspunkte dafür noch ziemlich spärlich (32). Es lassen sich aber einige Besonderheiten in der Absorption der Ultrastrahlung in der Atmosphäre dadurch deuten, daß man dem Mesotron die von der Yukawa-Theorie verlangte Lebensdauer von der Größenordnung 10^{-6} sec zuschreibt (19) [vgl. aber auch (34)]. Bemerkenswert ist jedoch auf der anderen Seite, daß von den fünf Mesotronenenden, die MAIER-LEIBNITZ in der Nebelkammer beobachtete (Ziff. 4), keines eine Spur eines Zerfallselektrons zeigt. Wenn dies auch in dem einen oder anderen Falle seinen Grund in ungünstigen Aufnahmebedingungen haben könnte, so ist es doch hiernach höchst wahrscheinlich, daß außer dem etwaigen radioaktiven Zerfall noch ein anderer Prozeß existiert, durch den ein solches Mesotron verschwindet.

Einen solchen Prozeß hat auch HEITLER (27) theoretisch diskutiert, nämlich die *Vereinigung eines Mesotrons mit einem Neutron* (*Proton*) *zu einem Proton* (*Neutron*) unter Ausstrahlung der freiwerdenden Energie. Der Wirkungsquerschnitt dieses Prozesses sollte für kleine Energien umgekehrt proportional der Geschwindigkeit sein (genau wie beim Einfang „langsamer" Neutronen), er sollte also gegen das Ende der Reichweite sehr groß werden. Die entstehende γ-Strahlung von mindestens etwa $6 \cdot 10^7$ e-Volt (die auch in mehrere Quanten aufgespalten sein kann) kann einen gewöhnlichen Kaskadenschauer einleiten. So lassen sich die weichen Schauer erklären, welche durch harte Schauerteilchen erzeugt werden und auch in großer Tiefe unter dem Meeresniveau noch beobachtet werden (Ziff. 5).

Ein weiterer Prozeß, der ebenfalls zur Bildung weicher Schauer führt, ist der von BHABHA (16) behandelte „*Anstoßprozeß*", bei dem ein Mesotron mehr oder weniger zentral auf ein gewöhnliches Elektron prallt und diesem soviel Energie erteilt, daß es einen (relativ teilchenarmen) weichen Schauer einleiten kann. In der Nebelkammer wird dieser Vorgang meist schwer zu unterscheiden sein von der Bildung eines Sekundärmesotrons. Eine Unterscheidungsmöglichkeit bietet sich vielleicht darin, daß die Sättigungsdicke für diesen Prozeß ziemlich groß sein müßte (mindestens 1 cm Blei); die gemessene Sättigungsdicke für Sekundärteilchen schneller Mesotronen beträgt nicht mehr als 0,3 cm Blei (Ziff. 4), was für ein Überwiegen von Sekundär*mesotronen* zu sprechen scheint. Es wäre von einiger Wichtigkeit, möglichst genaue Versuche dieser Art anzustellen.

MAIER-LEIBNITZ (13) hat aber einen Fall beobachtet, wo ein Mesotron ein sekundäres *Positron* von etwa $4{,}5 \cdot 10^6$ e-Volt auslöst, und zwar unter großem Winkel. Aus nur einem solchen Fall kann man kaum etwas Sicheres schließen. Man kann aber hierbei an eine verkümmerte Form der Mesotronenauslösung denken: das positive Sekundärmesotron entsteht nur virtuell, mit negativer Energie, und zerfällt sogleich in ein Positron + Neutrino. Die theoretische Wahrscheinlichkeit solcher Prozesse dürfte allerdings sehr gering sein.

Schließlich müssen noch die sehr interessanten „*Explosionsschauer*" erwähnt werden (19); diese bestehen aus *schweren* Teilchen (Protonen, Neutronen, aber auch Mesotronen), welche im Gegensatz zu den Kaskadenschauern sämtlich in einem Akt, nämlich durch Explosion eines ganzen Atomkerns entstehen und sich allseitig ausbreiten. Schöne Beispiele sind sowohl in der Nebelkammer als in photographischen Schichten (33) beobachtet worden. Hier handelt es sich nicht mehr um die Wechselwirkung eines Mesotrons mit einem als frei zu betrachtenden Proton oder Neutron, sondern die Bindung des Protons oder Neutrons im Atomkern macht sich bemerkbar, so daß der ganze Kern einen erheblichen Energiebetrag von dem einfallenden Mesotron übernimmt und dadurch so hoch angeregt (erhitzt) wird, daß er zerfällt (verdampft) (HEISENBERG). Ein Explosionsschauer kann nun mit einem Mesotronenschauer verknüpft sein nach einem von HEITLER (27) angegebenen Mechanismus: das einfallende schnelle Mesotron erzeugt zuerst einen Mesotronenschauer, der aber nur einen Teil der verfügbaren Energie übernimmt, während der Rest der Energie im Atomkern stecken bleibt und zur Explosion führt. Man würde hiernach erwarten, in einem stark divergenten Explosionsschauer bisweilen auch einige Mesotronen von kleiner Divergenz zu finden. Das bisherige experimentelle Material reicht noch nicht zur Entscheidung dieser Frage aus.

Literatur:

1. H. GEIGER u. W. MÜLLER, Physik. Z. **29**, 839 (1928). — 2. W. BOTHE u. W. KOLHÖRSTER, Z. Physik **56**, 751 (1929). — 3. S. H. NEDDERMEYER u. C. D. ANDERSON, Physic. Rev. **51**, 884 (1937). — 4. G. WENTZEL, Naturwiss. **26**, 273 (1938). — 5. H. GEIGER, Erg. exakt. Naturwiss. **14**, 57 (1935). — 6. H. J. BHABHA u. W. HEITLER, Proc. roy. Soc. Lond. A **159**, 432 (1937). — 7. J. F. CARLSON u. J. K. OPPENHEIMER, Physic. Rev. **51**, 220 (1937). — 8. K. SCHMEISER u. W. BOTHE, Ann. Physik **32**, 161 (1938); dort frühere Literatur. — 9. N. ARLEY, Proc. roy. Soc. Lond. A **168**, 519 (1938). — 10. O. ZEILLER, Z. Physik **96**, 121 (1935). — 11. P. M. S.

BLACKETT, Proc. roy. Soc. Lond. A **159**, 1 (1937). — 12. L. JANOSSY, Proc. Cambridge philos. Soc. **34**, 614 (1938). — 13. H. MAIER-LEIBNITZ, Z. Physik (im Druck). — 14. P. M. S. BLACKETT u. J. G. WILSON, Proc. roy. Soc. Lond. A **160**, 304 (1937). — J. G. WILSON, Proc. roy. Soc. Lond. A **166**, 482 (1938) — Nature (Lond.) **142**, 73 (1938). — 15. J. I. HOPKINS, W. M NIELSEN u. L. W. NORDHEIM, Physic. Rev. **55**, 233 (1939). — 16. H. J. BHABHA, Proc. roy. Soc. Lond. A **164**, 257 (1938). — 17. K. SCHMEISER, Z. Physik **110**, 443 (1938). — 18. Herr FUSSELL hatte die Freundlichkeit, uns einige nichtpublizierte Aufnahmen zu überlassen. — 19. H. EULER u. W. HEISENBERG, Erg. exakt. Naturwiss. **17**, 1 (1938). — 20. P. AUGER, vgl. W. HEITLER (27). — 21. P. AUGER u. R. MAZE, C. r. Acad. Sci. Paris **207**, 228 u. 907 (1938). — 22. W. KOLHÖRSTER, J. MATTHES u. E. WEBER, Naturwiss. **26**, 576 (1938). — 23. B. ROSSI, Z. Physik **82**, 162 (1933). — 24. H. GEIGER u. E. FÜNFER, Z. Physik **93**, 543 (1935). — 25. K. SCHMEISER, Z. Physik (im Druck). — 26. N. ARLEV u. W. HEITLER, Nature (Lond.) **142**, 158 (1938). — 27. W. HEITLER, Proc. roy. Soc. Lond. A **166**, 529 (1938). — 28. G. WENTZEL, Physic. Rev. **54**, 869 (1938). — 29. H. MAASS, Ann. Physik **27**, 507 (1936). — 30. B. ROSSI, Z. Physik **68**, 64 (1931). — 31. H. MAIER-LEIBNITZ, Naturwiss. **26**, 677 (1938). — 32. S. H. NEDDERMEYER u. C. D. ANDERSON, Physic. Rev. **54**, 88 (1938). — P. EHRENFEST, C. r. Acad. Sci. Paris **206**, 428 (1938). — 33. M. BLAU u. H. WAMBACHER, Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. **146**, 623 (1937). — E. M. SCHOPPER u. E. SCHOPPER, Physik. Z. **40**, 22 (1939). — 34. P. EHRENFEST u. A. FRÉON, J. de physique **9**, 529 (1938).

Zur Rassen- und Artbildung in der Papilio machaon-Gruppe.

Bericht über die Ausstellung von Dr. Karl Eller in München anläßlich des VII. Internationalen Kongresses für Entomologie in Berlin 1938.

Von FELIX PAGAST, Königsberg.

Abbildungen und Bildtext von KARL ELLER, München.

Im Anschluß an den VII. Internationalen Kongreß für Entomologie in Berlin fand in München eine Ausstellung von Dr. KARL ELLER statt unter dem Titel „Zur Rassen- und Artbildung in der Papilio machaon-Gruppe". An dieses Kernproblem der Biologie haben sich immer von neuem Forschergenerationen herangewagt und haben es durch methodologisch neue Betrachtungsweisen vertieft. Zwei zoologische Disziplinen arbeiten heute von verschiedenen Seiten daran, einmal die moderne Genetik, die experimentell, ausgehend vom Einzeltier, allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Vererbung zu erkennen und sich daraus Vorstellungen über die Möglichkeiten der Evolution zu machen sucht, und zweitens die morphologisch-tiergeographisch orientierte Systematik, die vergleichend, mit möglichst großem Material über große Räume die Wege des Gestaltwandels erschließen will. ELLER, dessen erste Arbeit, „Die Rassen von Papilio machaon L.", 1936 erschienen ist, hat in unermüdlicher Kleinarbeit ein außerordentlich reiches Material *einer* Organismengruppe (Gruppe = um die Art sich gruppierender Verwandtschaftskreis) zusammengetragen. Sein Material umfaßt gegenwärtig etwa 10000 Stück; allein schon deshalb konnte die großzügig durchgeführte Ausstellung nur einen kleinen Ausschnitt des Problems darbieten. Neben Material, das in ELLERS erster Arbeit verwertet worden ist, wird eine Fülle neuer, noch unveröffentlichter Zusammenhänge durch die ausgestellten Tiere veranschaulicht. Es ist unmöglich, in einem Bericht auf alle durch das Ausstellungsmaterial belegten Ergebnisse einzugehen, es sollen hier nur einige wichtigen Fragen gestreift werden. Auch sind viele aus der mehrjährigen intensiven Beschäftigung mit einer so engen Gruppe gewonnenen Vorstellungen über manche Begriffe des Art- und Rassenproblems erst in der nächsten großen Arbeit ausreichend zu begründen, so daß Verf. diese Darstellung nur als orientierende Einführung zu betrachten bittet.

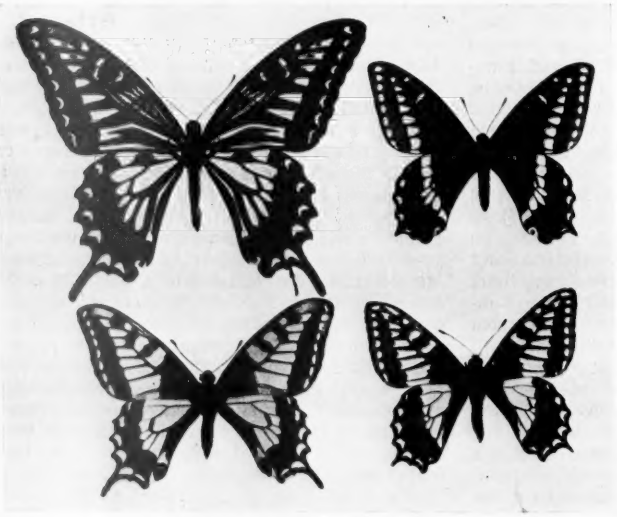


Fig. 1. Die Arten der *machaon*-Gruppe (Männchen).
a) *Papilio xuthus L.* b) *P. machaon L.* c) *P. indra Reak.* d) *P. hospiton Gén.*

Nach folgenden größeren Gesichtspunkten wurde das Material in den Kästen ausgestellt: die Arten der machaon-Gruppe, die Rassen von Papilio machaon L., die Rassen von Papilio indra Reak., Variabilität der *Art* Papilio machaon L., Variabilität der *Rassen* von Papilio machaon L., individuelle und Populationsvariabilität, ökologische Variabilität (ökologische Rassenmerkmale), Aberrationen (Modifikationen) und

Mutationen, Beispiele zur Art und Rassenbildung, disjunktives Rassenvorkommen, Rassenarealüberschneidungen, Rassenkreuzungen und Erblichkeit der Rassenmerkmale, morphologische Entwicklungsreihen, Konvergenzen.

Als erste Frage taucht naturgemäß bei der Betrachtung einer Tiergruppe die alte zoologische Kernfrage auf: „Was ist eine Art? Wann und wo kann ich von Artgrenzen sprechen?" Es wäre leichtfertig und verfrüht, auf Grund der machaon-Untersuchung eine „Definition" geben zu wollen. Als ELLER mit seinen Untersuchungen begann, gab es unter den machaon-ähnlichen bzw. Gruppenschema) und geographische Vikarianz. Physiologische Merkmale sind bisher noch nicht untersucht worden.

Den umfangreichsten Teil der Ausstellung bilden die Rassen von Papilio machaon L. Die in der ersten Arbeit aufgestellten Rassengruppen — sowie die durch die weiteren Untersuchungen hinzugekommenen — haben sich als von den eiszeitlichen Refugien ableitbar erwiesen. Eine der wichtigsten Feststellungen der ELLERschen Arbeiten ist wohl die, *daß das Kleid des heute über die gesamte Holarktis verbreiteten Schwalbenschwanzes in so viel Trachten auftritt, wie Eiszeitrefugien bestanden*

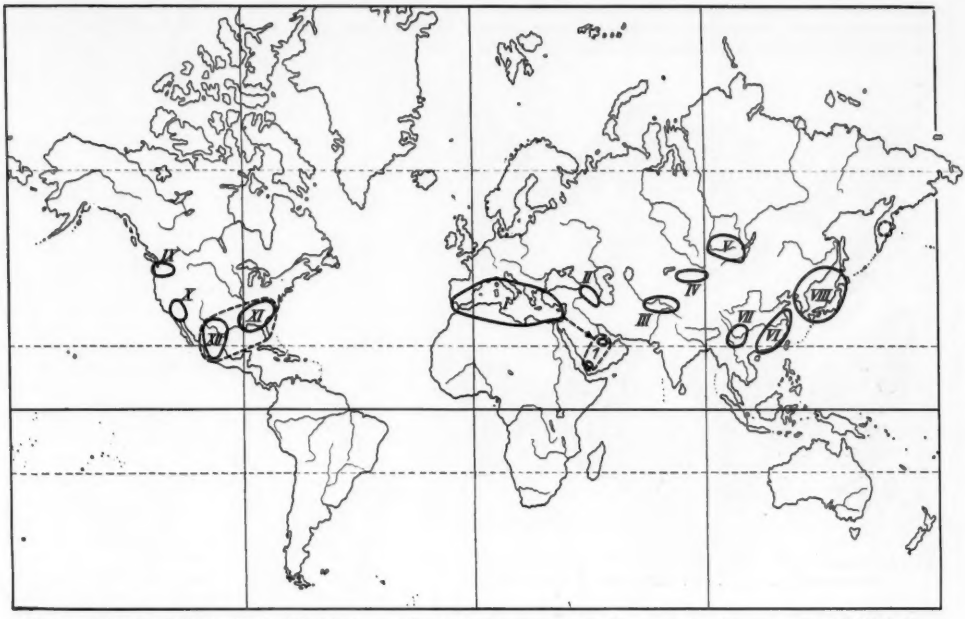


Fig. 2. Die eiszeitlichen Refugialgebiete — die Ausbreitungszentren der rezenten Formenmannigfaltigkeit.

I. Mediterranes Refugium.
1. Arabische Disjunktionen desselben.
II. Armenisch-persisches Refugium.
III. Afghanistan-Kaschmir-Refugium.
IV. Tianschan-Refugium.
V. Sajan-Nordmongolei-Refugium.
VI. Südostchinesisches Refugium.
VII. Südwestchinesisches Refugium.
VIII. Amur-Japan-Refugium.
IX. Pazifisches Refugium.
X. Kalifornisches Refugium.
XI. Atlantisches Refug. } Nord-mittelamerikan.-atlantisches Refug.
XII. Mexikanisches Refug. }

Formen eine Fülle von Namen, und damit auch eine Anzahl sog. Arten. Besonders „arten"reich war das nordamerikanische Gebiet. Ausgestellt sehen wir nur noch die vier übriggebliebenen „guten" Arten: *machaon, hospiton, indra, xuthus* (Fig. 1). Wie aus den ausgestellten Verbreitungskarten ersichtlich war, hat nur machaon eine sehr weite Verbreitung, die sich im großen und ganzen über die gesamte Holarktis erstreckt, während die drei anderen Arten demgegenüber nur kleine Räume besiedeln, und zwar Räume, die in Eiszeitrefugialgebieten liegen. Die „Arten" *zelicaon, oregonius, bairdi, asterius* u. a. haben sich als machaon-Rassen erwiesen. Dabei war immer ausschlaggebend: Gleichheit des Genitalapparates und des Typus der Flügel- und Körperzeichnung („Arttypus" im Gegensatz zum Gattungs-

haben. Ja, nicht nur alle großen Refugien haben ihre Trachten, sondern auch die kleineren innerasiatischen, die jüngst von REINIG diskutiert worden sind. So schließt sich denn ELLER auch terminologisch an REINIG an und spricht von Refugialrassen und Deszendenten (Invasionsrassen). Die aus den ausgestellten Karten zu entnehmende Verbreitung der Rassen zeigt, daß die Refugialrassen, wie zu erwarten, im allgemeinen im Refugialgebiet fliegen (Fig. 2). Doch hat ELLER auch schon einige *morphologische* Kriterien für die Refugialrassen zum Unterschied von den Invasionsrassen gefunden. Es handelt sich dabei um die größere Variabilität der Refugialrassen, wofür Belegmaterial in der Abteilung über die „Variabilität der Rassen von P. machaon L." ausgestellt ist, z. B. P. m. *mauretanicus*, die Refugial-

rasse des mediterranen Refugiums (Flügelgestalt! Fig.3) und P. m. *schantungensis* aus dem süd-ostchinesischen Refugium (Flügelgröße!). Aus dem gesamten Verbreitungsgebiet sind rund 65 Rassen bekannt und ausgestellt, davon 12 Refugialrassen. Die ELLERschen Rassenanalysen, über deren Methodik in seiner oben genannten Arbeit nachgelesen werden kann, haben zwei — gerade für den Schmetterlingsforscher — sehr beachtenswerte Tatsachen ergeben: 1., daß es möglich ist, am Kleid — meist auch schon an dem eines Einzeltieres — die Heimat zu bestimmen, und 2., daß sich die Rassenkleider im allgemeinen nicht von Ost nach West oder sonst irgendwie stufenweise in *einer* Richtung verändern (RENSCH), sondern daß die Rassenkleider sich immer wieder um Kernrassen („Refugien") gruppieren und damit benachbarte Rassen auch sehr verschieden

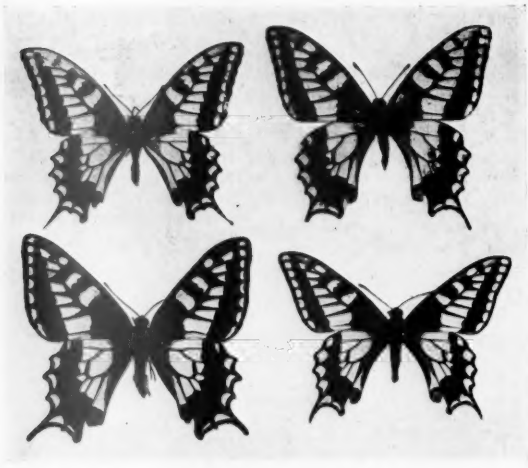


Fig. 3. Variabilität der Flügelgestalt: Refugialrasse *P. machaon mauretanicus* Vrty. (2. Generation: Männchen).

aussehen können (*P. machaon oregonius* und *P. m. asterius* im Mittelwesten Nordamerikas, vgl. Fig. 4a und f, und ihr Rassenmischgebiet). Gerade die erste der beiden Feststellungen kann nicht genug betont werden. Es gibt im allgemeinen keine nebeneinanderfliegenden Schwalbenschwanz„rassen" (= „Varietäten") mehr, sondern nur noch geographisch einander ausschließende. Solche „Varietäten" sind Formen, die in die Variationsbreite *einer* Rasse fallen (und daher unbenannt zu bleiben haben), die rassenunterscheidenden Merkmale sind erst durch *Serienbetrachtung aus verschiedenen Gebieten schrittweise* zu gewinnen. Sollten nicht auch ähnliche Ergebnisse für mehr oder weniger kosmopolitische Arten zu erzielen sein? „Gutes Flugvermögen" darf uns dabei nicht voreingenommen sein lassen, denn der Schwalbenschwanz gilt ja auch als ein sehr guter Flieger!

Auffallend sind im Gegensatz zum weitverbreiteten rassenreichen Schwalbenschwanz die nächstverwandten engräumigen Arten *hospiton*, *xuthus* und *indra*, die innerhalb des Verbreitungsgebietes von machaon vorkommen. Nur *P. indra* hat neben der Nominatform noch eine zweite Rasse *P. i. pergamus Edw.* ausgebildet. Gründe für diese enge Artverbreitung lassen sich bisher noch nicht nennen.

Wie stark voneinander verschieden machaon-Rassen aussehen können, zeigt uns die Nebeneinanderstellung einer Anzahl Rassen, z. B. *rathjensi*, *aliascus*, *kamtschadalus*, *taliensis*, *oregonius*, *asterius*, *polyxenes*, *americus* u. a. (Fig. 4). Auf die große Variabilität innerhalb einer Rasse wurde schon oben bei Nennung einiger Refugialrassen kurz hingewiesen. Ob diese Variabilität genotypisch durch Heterozygotie bedingt ist, wie REINIG es für Refugialrassen im allgemeinen fordert, muß natürlich erst untersucht werden. Auch ob die in diesem Zusammenhang gezeigte „polymorphe Rasse" *P. machaon americus* Kollar, von der am gleichen Flugplatz miteinander gemischt die „Formen" *pallidior Eller*, *americus* Kollar, *versus* Eller und *melasina* J. et R. fliegen, hierher gehört, d. h., ob wir es hier mit multipler Allelie *einer* Rasse zu tun haben, wäre noch zu zeigen. Vielleicht liegt hier doch ein Parallelfall zu den Formen des Rassenmischgebietes von oregonius und asterius vor?! Denn es ist auffallend, daß eine der Formen, nämlich americus Kollar s. s. als einzige Form disjunkt auch in Arizona verbreitet ist.

An vielen Beispielen wird die Variabilität und Vielförmigkeit einzelner Körpermerkmale gezeigt, z. B. die Größenextreme der Art — gegeben durch die Zwergform („Kümmer"-, „Hunger"-Form) *P. m. saharae f. paratoniellus* Krüger und den Riesen *P. m. hippocrates* Fldr. aus dem Amur-Japan-Refugium —, Vielförmigkeit der Schwanzlängen bei *taliensis*, *ladakensis* (Fig. 5), Größenunterschiede der beiden Generationen, der z. B. bei *hippocrates* sehr bedeutend, bei *gorganus* kaum vorhanden ist. Die große Zahl der nebeneinandergestellten besonders dunklen Rassen (z. B. *sikkimensis*, *armenicus*, *mauretanicus* [hoher Atlas] u. a.) aus Gebirgsstöcken und der hellen (Sommergeneration von *iranus*, *mandschuriensis* u. a.) aus niedrigeren Lagen veranschaulichen die von ELLER in seiner oben genannten Arbeit ausgesprochenen Gedankengänge über „ökologische Variabilität". Zum gleichen Thema dienen als Belege auch die nebeneinander gezeigten, in Größe und Färbung sehr verschiedenen Stücke der Frühjahrs- und Sommergeneration von *hispanicus*, *palaestinensis*, *sphyrus* u. a. Es sei nicht verschwiegen, daß wir über die genetische bzw. modifikatorische Bedingtheit all dieser „variablen" Merkmale bei *machaon* noch nichts wissen, hier hat die weitere Arbeit einzusetzen. Doch will der Begriff „ökologisches Rassenmerkmal" ja nur eine morphologisch-ökologische Beziehung aufdecken, nicht aber etwas über den vom Organismus durchlaufenen Weg zu solch einem Stadium aussagen. Sicher sind viele der durch die Beispiele belegten „ökologischen Rassenmerkmale" weitgehend modifikatorisch bedingt. Eine wesentliche Aufgabe wird es sein, in Temperatur-Feuchtigkeitsversuchen diese Modifikabilität zu prüfen. Leider ist dies bisher noch nirgends systematisch geschehen, obwohl z. B. das reiche Material der ZWÖLFERschen Versuche über Entwicklungsbedingungen und Sterblichkeit der Nonne dazu sicher gut verwertbar gewesen wäre.

Die Größenzunahme der Rassen in der Richtung auf das Refugium zu (Fig. 6), für die REINIG in seiner Arbeit „Elimination und Selektion", S. 108, *Papilio machaon* herangezogen hat, gilt zunächst nur für die Sommergeneration. Die anderen Generationen, besonders die Frühjahrsgeneration, zeigen keine geographisch (Refugium-Descendenten) variierende Flügelgröße. Es

wäre hier zu prüfen, ob vielleicht eine große Modifikationsbreite die genetisch bedingte Größenvariation verdeckt, d. h., ob bei Aufzucht verschiedener Rassen unter gleichen Bedingungen nicht doch eine geographische Größenzunahme in Richtung auf das Refugium zu feststellen ist. Eine ganz auffallende Größenverschiedenheit zwischen Populationen aus einem verhältnismäßig engen Gebiet, die zu einer Rasse gestellt werden müssen,

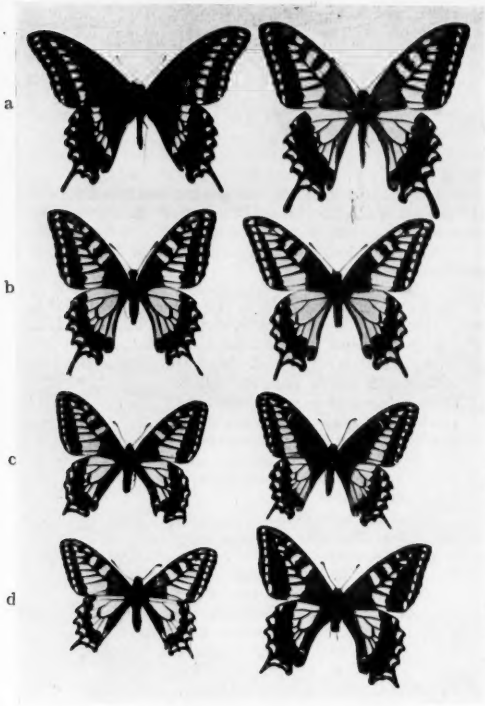


Fig. 4. Verschiedene Rassen von *Papilio machaon L.* von Eurasien und Nordamerika zur Demonstration der großen Variabilität der Art: a) *P. machaon asterius* Fabr. — östl.-westl. Nordamerika; b) *P. machaon taliensis* Eller — Yünnan und Nachbargebiete; c) *P. machaon aliaskus* Scudder — Alaska; d) *P. machaon kamtschadalus* Alph. — Kamtschatka; e) *P. machaon hippocrates* Fldr. — Japan; f) *P. m. oregonius* Edw. — Oregon, British Col.; g) *P. m. stabilis* J. u. R. — Costarica; h) *P. m. sikkimensis* Moore — Sikkim.

zeigt *P. m. giganteus;* so ist beispielsweise die erste Generation von Dalmatien sehr groß, von Cypern noch größer, die von Mazedonien auffallend klein. Ob nicht auch auf diese von ELLER als Standortsmodifikationen bezeichneten Größenunterschiede zwischen Populationen die REINIGsche Eliminationserklärung angewandt werden kann, möchte Verf. zur Diskussion stellen. Da die Balkanhalbinsel Refugialgebiet ist, zugleich aber auch recht beträchtliche Höhenunterschiede aufweist, käme vielleicht eine Elimination beim Aufstieg im Gebirge bzw. beim Eindringen in vergletschert gewesene Täler in Frage.

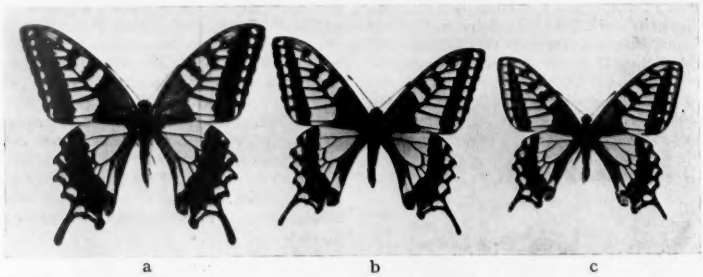
Ein besonders auffallendes Stück ist die Mutation *„niger"* von *P. m. britannicus.* Es ist, wenn man den REINIGschen Gedankengängen über die Entstehung von Melanismen folgt, nicht überraschend, daß Melanismen gerade in den stark isolierten englischen Populationen auftreten. Das sonstige Auftreten von „Dunkelformen", wie beispielsweise *armenicus, asiaticus, mauretanicus,* möchte Verf. nicht als Arealgrenzdunkelformen (Gebirge) betrachten, zumal ihre Verdunkelung meist nigristischer Art ist. Eine Anzahl von aberrativen Freilandstücken und Stücken aus Temperaturversuchen zeigt die verschiedenen Möglichkeiten der Farbabweichungen, von deren innerer Bedingtheit (kritische Phase, Temperatur, Feuchtigkeit usw.) wir noch gar nichts wissen. Daher ist auch eine Deutung der normalen Freilanddunkelformen von dieser Seite aus noch nicht möglich.

Fig. 5. Extreme Varianten der Schwanzlänge: Oben: *P. machaon ladakensis* Moore (Ladak); unten: *P. machaon taliensis* Eller (Yünnan).

Unter den Beispielen „zur Art- und Rassenbildung" stehen Formen mit mehr oder weniger isoliertem Verbreitungsgebiet, die daher auch eine recht isolierte Stellung einnehmen („abgeleitete Rassen") z. B. *P. m. rathjensi* aus Arabien oder *kamtschadalus* aus Kamtschatka (= Refugialrasse, wie ähnlich beim Auerhahn?) (Fig. 7).

Im allgemeinen gilt als Kriterium einer Rasse u. a., daß sie in einem geschlossenen geographischen Gebiet siedelt. Als einzige „Ausnahme" von dieser Regel kann bisher nur *P. m. americus f. americus* angeführt werden, der — morphologisch nicht trennbar — in Arizona und disjunkt im nördlichen Südamerika vorkommt. Eine bindende Erklärung hierfür ist bisher nicht gegeben worden; denkmöglich sind verschiedene, z. B. die, daß *americus* heute nur an peripheren Stellen seines früheren Areals vorkommt oder daß „americus" ein Produkt von Rassenmischungen ist. Ein solcher Fall liegt mit größter Wahrscheinlichkeit für die Formen des Mittelwestens von Nordamerika vor. Hier berühren sich

Areale des hellen *P. m. oregonius* und des dunklen *asterius*, und im Rassenmischgebiet fliegen nebeneinander fünf voneinander verschiedene Formen: *bairdi*, *oregonius*, *parasterius*, *hollandi* und *brucei*. (Den Begriff Mischrasse für die Gesamtheit dieser „Formen" zu gebrauchen und die daran geknüpfte nomenklatorische Folgerung [*P. machaon bairdi forma bairdi* usw.] halte ich für durchaus nicht angebracht. Er verwässert den Begriff Rasse und wird den Tatsachen nicht gerecht.) Zuchten haben bisher — wenigstens für einen Teil dieser „Formen" — ergeben, daß sie aus einem Gelege hervorgehen können. Ebenfalls als Form eines Rassenmischgebietes betrachtet ELLER die Form *nitra* Edw.



a b c

Fig. 6. Die Amurensis-Gruppe (Amur-Japan-Refugium) als Beispiel der progressiven geographischen Größenabnahme: b) *P. machaon septentrionalis* Vrty. (Hokkaido) ist kleiner als die Refugialrasse a) *P. m. hippocrates* Fldr. (Japan), hingegen größer als die nördlichste Descendenzrasse c) *P. machaon sachalinensis* Mats. (Sachalin). Diese geographische Merkmalsprogression konnte als eine Gesetzmäßigkeit für alle descendenten Rassen der Großrefugien nachgewiesen werden.

a b c d

Fig. 7. Inselartige Verbreitung als Voraussetzung für die Entstehung abgeleiteter Rassen und Arten. a) *P. m. kamtschadalus* Alph. — Kamtschatka; b) *P. machaon hippocrates* Fldr. — Japan; c) *P. machaon brevicaudus* Saunders — Neufundland und Anticosti. Alles Isolationsrassen auf dem Weg, Artwert zu erlangen. d) *P. hospiton Gén.* — Sardinien und Korsika (junge Art).

Rassen, deren Areale sich zum Teil überschneiden, von denen aber noch keine Kreuzungen bekannt sind, sind z. B. *hieromax* und *tschekulensis* zwischen 2800 bis 3800 m und *alpherakiji* und *chinesomandschuriensis* in Höhen von 3000—4000 m. Allerdings müssen Freilandbeobachtungen hier noch erweisen, ob nicht die Gebiete sich nur eng verzahnen oder die Flugzeiten auseinanderliegen (verschiedenes Wärmemengenminimum für die Entwicklung).

Über die zum ersten Male ausgestellten Bastarde von *machaon* × *hospiton* oder die von P. KLEMANN, Berlin, gezogenen von *gorganus* × *zelicaon* und rec, sowie von *gorganus* × *asterius* kann bis jetzt nur ausgesagt werden, daß die F_1-Tiere mehr oder weniger stark nach dem morphologischen Typus, d. i. nach machaon schlagen, Solche Kreuzungen verbunden mit Modifikationsversuchen werden uns Aufschluß über die Erblichkeit der Rassenmerkmale geben.

In zwei morphologischen Entwicklungsreihen werden die „Entstehung" der dunklen amerikanischen Formen aus den „normalen" hellen und die Entwickelung und der schließliche Verlust des schwarzen Augenkerns im Hinterflügel (Fig. 8) gezeigt. Solche den Morphologen besonders interessierende Reihen erklären uns morphologisch — nicht immer genetisch — die Entstehung von Formen auseinander und geben auch zugleich einen Aufschluß über das relative phylogenetische Alter eines Zeichnungsmusters (Typus der Art). Gleichzeitig erhellt mit aus ihnen die Artzusammengehörigkeit einander scheinbar fernstehender Formen.

Fig. 8. Bildung und schließlicher Verlust des Analaugenkernes.

Die auffallend konvexen Flügelformen der fünf nördlichen Rassen, die zum Teil verschiedenen Refugien entstammen, deutet ELLER als Konvergenzerscheinungen in ähnlichen Biotopen. Durch den REINIGschen Eliminationsbegriff ist uns aber heute eine andere Denkmöglichkeit gegeben, die in unserem Fall besagen würde, daß die konvexe Flügelform auch eine Folge von Allel-Elimination bei Arealgrenzrassen sein kann, ähnlich wie das Kleinwerden der Tiere u. a.

Von der Fülle des ausgestellten Materials konnten in diesem Bericht nur Stichproben gebracht werden. Die heute schon in so großer Zahl gewonnenen Untersuchungsergebnisse sind nur möglich dank der freundlichen Mithilfe so vieler Museen, die ihr Material bereitwillig zur Verfügung stellten. Es sind in erster Linie die Museen in London, Tring, Paris, Amsterdam, Leiden, Oslo, Stockholm, Barcelona, Genua, Mailand, Serajewo, Pittsburgh und Ithaca.

ELLER hat unermüdlich an der Vervollständigung des Untersuchungsmaterials gearbeitet. Immer mehr zeigt sich aber beim Fortschreiten der Arbeit, daß ein einzelner die Arbeit nicht mehr bewältigen kann, 1. weil die Menge der zu leistenden Arbeit ungeheuer wächst, 2. weil die sich notwendigerweise neu ergebenden Fragestellungen, von denen einige in diesem Bericht gestreift wurden, Hilfe von Zoologen anderer Fachrichtung erheischen. Gerade der Schwalbenschwanz erscheint besonders gut geeignet zur Ausschöpfung des Art-Rassenbegriffes bis in seine letzten Tiefen, deren Vorhandensein wir heute erst ahnen; Morphologie, Genetik, Tiergeographie, Entwicklungsphysiologie, Ökologie, Systematik als zoologische Disziplinen müssen — unter Zuhilfenahme von Klimatologie, Geologie u. a. — zusammenwirken, — und das kann natürlich nur in einer dauernden Arbeitsgemeinschaft bestehen, die notwendigerweise nicht nur ideeller, sondern auch materieller Art sein muß.

Daß Zustandekommen der Ausstellung ist den Vorständen der Wissenschaftlichen Sammlungen des Staates und des Zoologischen Institutes der Universität München, den Herren Prof. Dr. MAX DINGLER und Prof. Dr. KARL v. FRISCH, und dem Konservator der entomologischen Abteilung der Zoologischen Sammlung des Staates, Herrn Dr. K. v. ROSEN, zu danken.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über eine neue Phosphorylierungsmethode 1-Glucosyl-phosphat.

Für die Erforschung und synthetische Bereitung der besonders in der letzten Zeit bekanntgewordenen physiologisch wichtigen Naturprodukte, an deren Aufbau Phosphorsäure beteiligt ist, haben wir eine neue und, wie wir hoffen, allgemeine Phosphorylierungsmethode ausgearbeitet.

Den Ausgangsstoff für unsere synthetischen Versuche bietet die seit langem bekannte Dibenzyl-phosphorsäure; ihr freies, nicht blockiertes Hydroxyl läßt sich sehr leicht chlorieren, das entstehende Säurechlorid ist aber so unbeständig, daß es nur auf umständliche Weise zur Kupplung mit organischen Oxy- und Stickstoffverbindungen verwendet werden kann. Deswegen haben wir die Methode vorerst in der Weise verwendet, daß wir das Silbersalz (I) der oben erwähnten Dibenzyl-phosphorsäure mit organischen Halogenverbindungen umsetzten.

$$\underset{\text{I}}{(C_6H_5CH_2O)_2P(O)OAg} + Cl\cdot R \rightarrow \underset{\text{II}}{(C_6H_5CH_2O)_2P(O)O-R} + AgCl$$

Aus dem erhaltenen neuen Triester der Phosphorsäure (II) lassen sich, wie wir festgestellt haben, die beiden Benzylgruppen durch Wasserstoff, in Gegenwart von Palladium als Katalysator, in Form von Toluol leicht abhydrieren, wobei der gewünschte Monophosphorsäure-Ester (III) entsteht.

$$\underset{\text{II}}{(C_6H_5CH_2O)_2P(O)O-R} \xrightarrow{2\,H_2} 2\,C_6H_5CH_3 + \underset{\text{III}}{(HO)_2P(O)OR}$$

Als Beispiel einer solchen Synthese führen wir an: die Bereitung von 1-Dibenzylphosphorsäure-Ester der 2,3,4,6-Tetracetyl-d-glucose (Rhombische Kristalle vom Schmpkt. 79° und $[\alpha]_D^{20} = -9°$ in Chloroform) durch Umsetzung von Acetobromglucose mit dem Silbersalz der Dibenzylphosphorsäure. Durch den Gang der Synthese ist der Sitz der Phosphorsäure am Lactolhydroxyl festgelegt, ferner ist wahrscheinlich, daß es sich um ein β-Glucosid handelt.

Der neue Ester ist empfindlich gegen Säuren. Bemerkenswerterweise spalten auch Alkalien die Phosphorsäuregruppe ab; die Substanz besitzt infolgedessen reduzierende Eigenschaften. Diese Empfindlichkeit gegenüber Alkalien bleibt auch bestehen, wenn die Benzylgruppen abhydriert werden.

Die ausführliche Beschreibung unserer Versuche sowie die Klarstellung der Beziehung unseres Esters zu dem sog. *Cori*-Ester (ebenfalls einem 1-Glucosyl-phosphat, das aber beständig gegen Alkalien sein soll) erfolgt in einiger Zeit an einer anderen Stelle.

Thessaloniki, Laboratorium für Organische Chemie und Biochemie der Universität, den 18. April 1939.
LEONIDAS ZERVAS.

Zur Theorie des Gastrennungsverfahrens von Clusius und Dickel[1].

WALDMANN[2] hat kürzlich eine Rechnung angegeben, welche es gestattet, für eine große Länge h den senkrechten Konzentrationszuwachs $\Delta A/h$ einer Trennvorrichtung näherungsweise zu ermitteln. Er findet für den Gleichgewichtszustand:

$$\frac{\Delta A}{h} = -\frac{\alpha}{d}\cdot\frac{\Delta T}{T_m}\cdot\frac{A(1-A)}{0{,}79\left[\left(\frac{d^*}{d}\right)^3+\left(\frac{d}{d^*}\right)^3\right]}.$$

Ich habe vor einiger Zeit eine einfache Rechnung für das Gleichgewicht im mittleren Teile einer langen Trennvorrichtung ausgeführt. Daraus ergibt sich für den Konzentrationszuwachs pro Längeneinheit $\Delta\lambda/\Delta z$ die Formel:

$$\frac{\Delta\lambda}{\Delta z} = -\frac{\alpha}{d}\cdot\frac{\Delta T}{T_m}\cdot\frac{A(1-A)}{1{,}60\left(\frac{d^*}{d}\right)^3+0{,}89\left(\frac{d}{d^*}\right)^3}.$$

Der Bau der beiden Formeln ist derselbe. Ob die Differenz in den Zahlenkoeffizienten eine Folge verschiedener Randbedingungen am oberen und unteren Ende der Vorrichtung ist, wird erst an Hand der ausführlichen Publikation entschieden werden können.

Eine ausführliche Mitteilung erfolgt an anderer Stelle. Herrn Professor DEBYE bin ich für wertvolle Diskussionen zu großem Dank verpflichtet.

Berlin-Dahlem, Max Planck-Institut, den 22. April 1939.
W. VAN DER GRINTEN.

Zum Mechanismus der Bildung von Polythionsäuren.

In einer früheren Mitteilung[3] wurden experimentelle Beweise dafür erbracht, daß das Primärprodukt der WACKENRODERschen Reaktion (Umsetzung zwischen H_2S und SO_2 in wäßriger Lösung unter Bildung von Polythionsäuren) die thioschweflige Säure, $H_2S_2O_2$, sein dürfte. Diese Verbindung ist zwar nicht isolierbar; doch konnte ihre chemische Natur bei Versuchen über die saure Verseifung von Dimethylthiosulfit studiert werden. Für die Rolle von $H_2S_2O_2$ bei der WACKENRODERschen Reaktion sind die folgenden Umsetzungen, die unter geeigneten Bedingungen quantitativ verlaufen, von grundlegender Bedeutung:

$$H_2S_2O_2 \rightarrow H_2S + SO_2, \quad (1)$$

$$H_2S_2O_2 + H_2S \rightarrow 3\,S + 2\,H_2O \quad (2)$$

und

$$H_2S_2O_2 + 2\,HJ \rightarrow J_2 + 2\,S + 2\,H_2O. \quad (3)$$

[1] K. CLUSIUS u. G. DICKEL, Naturwiss. **26**, 546 (1938); **27**, 148 (1939).
[2] L. WALDMANN, Naturwiss. **27**, 230 (1939).
[3] H. STAMM und H. WINTZER, Ber. dtsch. chem. Ges. **71**, 2212 (1938).

Aus (2) und besonders (3) geht hervor, daß thioschweflige Säure im Gegensatz zu den Vermutungen älterer Autoren ein starkes Oxydationsmittel ist. Um die Reaktionen von $H_2S_2O_3$ ohne Störung durch (1) studieren zu können [z. B. zur quantitativen Durchführung von (3)], muß man ein nichtwäßriges Lösungsmittel anwenden. Hierfür erwies sich wasserfreie Ameisensäure als besonders geeignet, weil sie ein großes Ionisierungs- und Lösungsvermögen für Elektrolyte besitzt. Es ist uns gelungen, in diesem Medium auch die Umkehrung von (1) erkennbar zu machen. Gibt man nämlich zu einer Lösung von KJ und SO_2 in Ameisensäure (die Mengenverhältnisse sind so gewählt, daß der Jodwasserstoff das SO_2 nicht reduziert) eine Spur H_2S, so tritt alsbald die Reaktion (3) ein. Ferner gelingt die Oxydation von Stickstoffwasserstoffsäure nach:

$$H_2S_2O_3 + 2\,HN_3 \rightarrow 3\,N_2 + 2\,S + 2\,H_2O \qquad (4)$$

in Ameisensäure und auch in Wasser ebensogut mit H_2S + SO_2 wie mit $H_2S_2O_3$ (ein weiterer Weg zur quantitativen Bestimmung von $H_2S_2O_3$).

Die Tatsache, daß das Primärprodukt $H_2S_2O_3$ ein starkes Oxydationsmittel ist, erscheint uns besonders wesentlich für den weiteren Ablauf der Wackenroderschen Reaktion. Wir fanden, daß bei der Verseifung von Dimethylthiosulfit durch Salzsäure in Gegenwart von H_2SO_3 bei geeigneten Mengenverhältnissen fast quantitativ (und ohne Abscheidung von S) Tetrathionsäure entsteht nach:

$$H_2S_2O_3 + 2\,H_2SO_3 = H_2S_4O_6 + 2\,H_2O. \qquad (5)$$

Arbeitet man mit einem größeren Sulfitzusatz und bei $p_H = 6{,}9$, so erhält man durch „Sulfitabbau" an Stelle von Tetrathionat glatt Trithionat und Thiosulfat im Molverhältnis 1:1,

$$S_4O_6'' + SO_3'' = S_3O_6'' + S_2O_3''. \qquad (5a)$$

Bei kleineren p_H-Werten tritt (5a), wie wir fanden, ebenfalls ein, verläuft aber nicht quantitativ. Ersetzt man bei der Reaktion (5) das H_2SO_3 teilweise oder ganz durch Thioschwefelsäure, so findet man in großen Mengen höhere Polythionsäuren (einschl. Hexathionsäure), und zwar viel mehr, als man unter denselben Bedingungen aus der gleichen Menge $H_2S_2O_3$ allein oder $H_2S_2O_2$ allein erhält. Daß aus $H_2S_2O_2$ allein überhaupt Polythionsäuren entstehen, erklärt sich aus (1), die dabei gleichzeitig auftretende S-Abscheidung aus (2).

Es liegt nahe, das Auftreten von Tetrathionsäure und von Trithionsäure bei der Wackenroderschen Reaktion ebenfalls nach (5) und (5a) zu erklären. Daß dabei auch höhere Polythionsäuren entstehen, könnte sehr wohl als eine Folge des intermediären Auftretens von $H_2S_2O_3$, z. B. nach (5a), und dessen Umsetzung mit $H_2S_2O_3$ angesehen werden. Wichtig ist dabei noch unser Befund, daß einmal gebildete Polythionsäuren mit $H_2S_2O_3$ offenbar nicht weiterreagieren.

Unsere Theorie des Mechanismus der Wackenroderschen Reaktion, deren Einzelheiten wir ebenso wie das umfangreiche experimentelle Material an anderer Stelle veröffentlichen werden, bedient sich nur solcher Einzelreaktionen, die durch Versuche kontrolliert sind; überflüssig geworden sind Annahmen wie die des hypothetischen Zwischenproduktes SO, das dann merkwürdige Polymerisationen erleiden soll. Über die Möglichkeit der Anwendung unserer Theorie auf die Entstehung von Polythionsäuren aus angesäuerter Thiosulfatlösung werden wir später berichten im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Ersetzbarkeit von $H_2S_2O_3$ bei der Bildung von Polythionsäuren durch andere Oxydationsmittel (z. B. HNO_3, SeO_2, As^V).

Halle (Saale), Chemisches Institut der Universität, den 24. April 1939.

Hellmuth Stamm. Margot Goehring.

Arsenwasserstoff und Blut.

Die bisherigen Angaben der Literatur[1] über die Reaktionsmöglichkeiten des Arsenwasserstoffs mit Blut sind vor allem in quantitativer Hinsicht nicht endgültig befriedigend. Insonderheit ist die Löslichkeit des Gases noch nicht klar zu übersehen. Neue Versuche, die vor allem auf Fernhaltung anderer Gase, wie H_2 und O_2, bedacht waren, ermittelten über die Löslichkeit in Wasser folgende Daten:

t	$k \cdot 10^3$	α
0	19	0,72
5	15	0,34
10	13	0,30
15	11,5	0,26
20	10	0,23
25	9	0,20

In Elektrolytlösungen ist die Löslichkeit geringer, in Eiweißlösungen dagegen erheblich höher. Frisches Blut vom Rinde nimmt bei 20° und Sauerstoffausschluß 0,5—0,8 Volumina durch reine Lösung, also quantitativ reversibel auf. Bei Sauerstoffgegenwart entsteht neben metallischem Arsen und Methämoglobin (was schon lange bekannt ist) auch Wasserstoffsuperoxyd, wie erst kürzlich von Henze[1] ermittelt wurde. Ferner ließ sich eine Vermehrung des leichtabspaltbaren Eisens im Blute finden und somit die Barkansche Vermutung[2] bestätigen, es trete neben Methämoglobin bei dieser Reaktion ein weiteres Derivat des Blutfarbstoffes („Pseudohämoglobin") auf.

Berlin, Pharmakologisches Institut der Universität, den 24. April 1939. Fritz Jung.

Über die Selbstentzündung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen durch adiabatische Verdichtung.

Eine Notiz von v. Weber und Rastetter[3] veranlaßt uns, einige Versuchsresultate mitzuteilen, die im Laufe einer seit längerer Zeit im Gang befindlichen Arbeit gewonnen worden sind. Da „Selbstzündungstemperaturen" nur im Zusammenhang mit den dazu gehörigen „Induktionszeiten" quantitativen Wert haben, arbeiteten wir folgendermaßen:

In einem Stahlzylinder von 56 mm Durchmesser lief ein Kolben, der bei Drucken bis 100 At. über längere Zeit völlige Dichtigkeit garantiert. Am Ende des Zylinders befindet sich ein Reaktionsgefäß, dessen Abmessungen je nach Art der Untersuchungen (Klopfen bei Fremdzündung, Selbstzündung) variiert wurden. Die Gemischzusammensetzung beim Füllen wurde durch Messung der Wärmeleitfähigkeit kontrolliert; Gemischbildung erfolgte in einer besonderen Vergaseranordnung.

Komprimiert wurde mittelst Fallgewichtes bei einer Kompressionsdauer zwischen 0,05 und 0,1 sec; im Augenblick maximaler Kompression wurde der Kolben festgehalten, dabei war auch bei Variation des Verdichtungsverhältnisses zwischen 1 und 20 das Kompressionsendvolumen immer konstant. Das Einsetzen der Zündung wurde durch ein Sichtfenster im Reaktionsgefäß auf einer rotierenden Trommel photographisch registriert, gleichzeitig damit eine Zeitmarkierung, ferner die Zeitpunkte des Beginnes und Endes der Kompression sowie evtl. interessierende Zwischenzeiten. Die Empfindlichkeit der Zeitmessung kann bis auf etwa 0,0001 sec gebracht werden.

Einige ältere Versuchsresultate sind im Diagramm Fig. 1 eingetragen. Als Temperaturen sind die aus dem Verdichtungsverhältnis berechneten, noch ohne Korrektur für Abkühlung, eingesetzt; die tatsächlichen Temperaturen dürften um etwa 30° tiefer liegen. Unabhängig von dieser noch anzubringenden Korrektur ist jedenfalls die Reihenfolge in den Selbstzündungstemperaturen von n-Heptan, i-Oktan und Benzol sicher, sowie die verschiedene Temperaturabhängigkeit der Induktionszeiten, die mit den motorischen Erfahrungen an Aliphaten und Aromaten übereinstimmt. Der Unterschied in den scheinbaren Aktivierungsenergien für den Temperaturverlauf der Induktionszeiten ist ebenfalls sicher, Benzol etwa 60 kcal, Aliphaten etwa 40 kcal. Die wesentlich höheren Selbstzündungstemperaturen von v. Weber und Rastetter dürften durch Einfluß der Abkühlung zustande gekommen sein, sowie dadurch, daß der Kolben im tiefsten Punkt nicht festgehalten wurde, wodurch undefinierte Induktionszeiten hereinkommen; ferner wäre denkbar, daß ihr Kolben nicht völlig dicht war.

Die Induktionszeit ist im wesentlichen nur durch die Endtemperatur gegeben, unabhängig von der Ausgangstemperatur, die zwischen 20 und 180° variiert werden

[1] Fr. Gebert, Biochem. Z. 293, 157 (1937).

[1] C. Henze, Klin. Wschr. 1938, 24.

[2] G. Barkan, Hoppe-Seylers Z. 254, 241 (1938).

[3] U. v. Weber u. A. Rastetter, Naturwiss. 27, 164 (1939).

konnte. Auch der Einfluß des Drucks ist klein; Druckverdoppelung ist einer Temperaturerhöhung von etwa 20 bis 30° äquivalent.

In weiteren Versuchen war es möglich, aus den Beobachtungen über die Selbstzündung das Einsetzen des Klopfens bei Fremdzündung in der gleichen Apparatur quantitativ vorauszuberechnen.

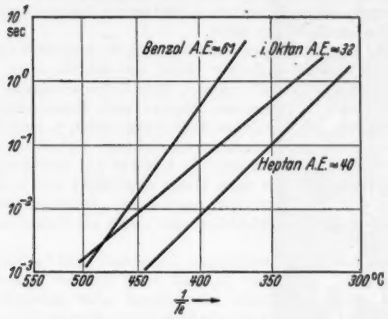


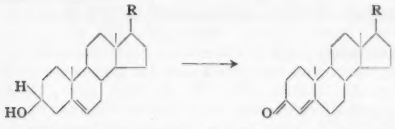
Fig. 1.

Unsere Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsauftrags der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt durchgeführt.

Leipzig, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 25. April 1939. W. Jost. H. Teichmann.

Über die biochemische Dehydrierung von Keimdrüsenhormonen mit einem reinen Bakterienstamm.

L. Mamoli und A. Vercellone[1] haben aus Mailänder Hefe ein Bakteriengemisch isoliert, das durch die Fähigkeit gekennzeichnet ist, in der Klasse der *Keimdrüsenhormone* alkoholische Gruppen zu Carbonylgruppen zu dehydrieren. So gelang es mit diesem Bakteriengemisch nach dem allgemeinen Schema:



Dehydroandrosteron zu Androstendion[1], Pregnenolon zu Progesteron[2] und Methylandrostendiol zu Methyltestosteron[3] zu dehydrieren. Um unsere Kenntnis über das Wesen dieser Reaktion zu vertiefen, haben wir uns mit der Isolierung und Charakterisierung der dehydrierenden Bakterien befaßt. Es ist uns gelungen, aus dem Bakteriengemisch einen *reinen Stamm* zu isolieren, mit dem man die obengenannten Dehydrierungen durchführen kann.

Im dehydrierenden Bakteriengemisch herrschten Stäbchenformen vor. Bei der Reinzüchtung durch Plattenkulturen auf Hefewasser-Agar bei 37° (Optimaltemperatur) fanden sich neben großen weißen Oberflächenkolonien mit lockenförmigen Ausläufern zahlreiche kleinere, zitronengelbe, glattrandige, erhabene, saftig glänzende Kolonien bis zu 2 mm Durchmesser. Die aus diesen gelben Kolonien gewonnenen Reinzuchten in Hefewasser waren zur Dehydrierung befähigt, während die großen weißen Kolonien Sporenbildner vom Typus *Bacillus subtilis* enthielten, die stets *wirkungslos* waren.

Die aus den *gelben Kolonien* erhaltenen Keime erwiesen sich unter dem Mikroskop als sehr kleine, teilweise zu kurzen Ketten vereinigte Kurzstäbchen. Sporenbildung und Eigenbewegung konnten niemals beobachtet werden. Die physiologischen Eigenschaften der Keime konnten nicht mit denjenigen der gelben Colivarianten und verwandter Formen in Einklang gebracht werden, sondern wiesen darauf hin, daß die Organismen zur Gattung *Corynebacterium L. et N.* gerechnet werden müssen: Der Stamm ist deutlich nach Gram färbbar; obwohl längere Fadenbildungen, echte Verzweigung, keulige Anschwellungen u. dgl. nicht beobachtet werden konnten, waren immerhin kürzere Fäden und gewisse Unregelmäßigkeiten der Form unverkennbar; auch eine gewisse Streifenbildung bei der Färbung, in der gut und schlecht färbbare Strecken abwechselten, war mehrfach zu sehen. Unter den gelbgefärbten Arten der Gattung *Corynebacterium* besitzt die Spezies *helvolum* (Lehmann et Neumann) in allen untersuchten Merkmalen die gleichen Eigenschaften wie der von uns isolierte Stamm. Dieser zeigt gutes Wachstum in Hefewasser und auf den entsprechenden Agar- und Gelatinenährböden; weniger günstig erwies sich aus Fleischextrakt hergestellte Peptonbouillon. Auffallend ist das ausgesprochene Luftbedürfnis der Bakterien und ihr kräftiges Peptonisierungsvermögen in Milch, die bei 37° nach 3 Tagen fest koaguliert wird; das Koagulum wird anschließend, von oben her beginnend, aufgelöst und ist nach etwa 14 Tagen praktisch vollständig in eine fast klare gelbliche Flüssigkeit verwandelt. Gelatine-Stichkulturen zeigen im Stichkanal nur mäßiges Wachstum, während sich an der Oberfläche eine gelbe Auflage bildet; die Verflüssigung der Gelatine beginnt bei Zimmertemperatur nach etwa 6—7 Tagen und schreitet langsam fort. Schüttelkulturen in Peptonbouillon-Agar mit 2% Traubenzucker oder Milchzucker zeigen gutes Wachstum an der Oberfläche, aber keinerlei Gasbildung. In Nährböden aus Hefeautolysat ist nur anfänglich ein geringes oder überhaupt kein Wachstum festzustellen. Die Kartoffelkultur zeigt ähnlich wie die Schrägagarkultur eine kräftige gelbe, saftig glänzende Auflage.

Alle genannten Eigenschaften treffen für das *Corynebacterium helvolum* L. et N. zu. Ob der von uns isolierte reine dehydrierende Stamm mit diesem Bacterium identisch ist, kann erst nach Beschaffung von Vergleichskulturen und durch die Prüfung entschieden werden, ob man mit *Corynebacterium helvolum* die oben geschilderten Dehydrierungsreaktionen durchführen kann.

Berlin, Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie und Institut für Gärungsgewerbe, den 2. Mai 1939.

Luigi Mamoli. Richard Koch. Hermine Teschen.

[1] Ber. dtsch. chem. Ges. **71**, 1686 (1938).
[2] L. Mamoli, Ber. dtsch. chem. Ges. **71**, 2701 (1938).
[3] L. Mamoli, Gazz. chim. ital (im Druck).

Besprechungen.

KUHN, WERNER, **Physikalische Chemie.** Leipzig: Quelle & Meyer 1938. XI, 360 S. und 29 Abbild. 12 cm × 18 cm. Preis geb. RM 8.—.

Ein kurzes, leichtverständliches Lehrbuch der physikalischen Chemie zu schreiben, das, ohne auf die Exaktheit der Beweise zu verzichten, eine gewisse Stoffmenge behandelt, ist eine Kunst. Die physikalische Chemie hat in den letzten Jahren durch die Impulse, die sie von den verschiedensten Gebieten der Physik erhalten hat, eine solche Ausweitung erfahren, daß es unmöglich ist, in engem Rahmen eine auch nur einigermaßen umfassende Darstellung des ganzen Gebietes zu geben. Die wesentliche Aufgabe bei der Abfassung eines kurzen Lehrbuches besteht also darin, den unvermeidlichen Verzicht auf Vollständigkeit durch eine wohldurchdachte Methodik der Darstellung zu kompensieren.

Kuhn hat sich auf den Standpunkt gestellt, daß es besser ist, Weniges gründlich zu beherrschen, als über viele Dinge nur oberflächlich Bescheid zu wissen. Dementsprechend hat er die Thermodynamik als die klassische Grundlage der physikalischen Chemie in den Vordergrund seiner Darstellung gerückt. Der erste und zweite Hauptsatz, ihre Anwendungen zur Bestimmung der maximalen Arbeit bei chemischen Prozessen, auf verdünnte Lösungen, auf Elektrolyte, zur Ableitung der Temperaturabhängigkeit chemischer Gleichgewichte und der Nernstsche Wärmesatz füllen 300 Seiten. Die gründliche und pädagogisch sehr gute

Darstellung, die z. B. dem Leser fast unbemerkt den gefürchteten Begriff der Entropie vertraut werden läßt, vermittelt einen wirklich gut fundierten Wissensschatz. Eine große Zahl von Anwendungsbeispielen wird nicht nur zur Erläuterung der wichtigsten Gesetze, sondern schon bei ihrer Ableitung gebracht, so daß der Lernende sich nie einer wirklichkeitsfernen Theorie gegenüber sieht. Ein genaueres Studium der Beispiele zeigt, daß in ihnen eine nicht geringe Zahl von praktisch wichtigen Fragen besprochen werden konnte. Damit ist dem Verf. in hervorragender Weise der Beweis dafür geglückt, daß eine gründliche Darstellung nicht mit einem Verzicht auf Stoffülle verknüpft sein muß, wenn man die Einzeltatsachen in den Rahmen umfassender Gesetzmäßigkeiten stellen kann.

Im letzten Teil des Buches werden Fragen der Reaktionskinetik und Photochemie, der Oberflächenchemie und der Kolloidchemie behandelt. Dieser Teil soll einige Gebiete, die im Vordergrund der heutigen Forschung stehen, dem Leser nahebringen und verzichtet bewußt auf die intensive Darstellung des ersten Teiles. Vielleicht ist dieser Verzicht an manchen Stellen größer als unbedingt erforderlich wäre. So hätten wohl leicht z. B. durch das Hilfsmittel der Fußnoten, auf die KUHN fast vollständig verzichtet, ohne Vergrößerung des Umfanges einige Paragraphen an Gewicht gewonnen. Auch die Frage der Auswahl hängt bei dieser Art der Darstellung sehr stark von der persönlichen Einstellung des Verf. ab. So könnten wohl viele Leser an diesem Teil etwas zu bemängeln finden. Solche Beanstandungen ändern aber wenig an dem Gesamturteil über das Werk, dessen Bedeutung durch seinen thermodynamischen Teil festgelegt ist. Der wohlfeile Preis des Buches wird seine Verbreitung in willkommenem Maße begünstigen.

E. BARTHOLOMÉ, Mannheim.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor" 1925—1927, herausgegeben im Auftrage der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von A. DEFANT. Band III, 1. Teil: Morphologie des Atlantischen Ozeans. Vierte Lieferung: THEODOR STOCKS, Grundkarte der ozeanischen Lotungen, 1:5000000, Blatt S II_2. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1937. Kartenformat 65 cm × 87 cm. Preis RM 4.30.

Der ursprüngliche Plan von ALFRED MERZ für die Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse der „Meteor"-Expedition umfaßte eine Tiefenkarte im Maßstab 1:10 Mill. Von diesem Plan mußte aber abgewichen werden, weil eine solche Karte zu klein erschien, um allen Anforderungen zu genügen. An derer Stelle wurde zuerst die schon 1935 erschienene schöne Übersichtskarte im Maßstab 1:20 Mill. entworfen (Bd. III, erster Teil, 1. Liefg.), die eine geeignete Unterlage für die ozeanographischen Arbeiten bildete. Mit dem Blatt S II_2 ist nun das erste von 14 geplanten Blättern einer großmaßstäbigen Bodenkarte des Atlantischen Ozeans erschienen. Mit dieser Serie wird nun beabsichtigt eine Quellenkarte herzustellen, die alles zugängliche Lotungsmaterial nach kritischer Prüfung aufnehmen kann. Bisher war man beim Studium der Tiefenverhältnisse der einzelnen Gebiete darauf angewiesen, die früheren Lotungen möglichst vollständig herbeizuschaffen, um eine genügende Bodenkarte zeichnen zu können. Mit der künftigen Vollendung dieser Grundkartenserie wird das mühevolle Aufsuchen alter Lotungen ein für allemal durchgeführt sein; man wird sich für den Atlantischen Ozean damit begnügen können, die neuesten Lotungen auf das betreffende Blatt der Grundkarte einzutragen. Mit allen Blättern wird diese Grundkarte eine Größe von mehr als 3 · 2 m bekommen.

Die Karte wird in LAMBERTS flächentreuer Azimutalprojektion gezeichnet, mit Hauptpunkt auf dem Äquator in 30° W, und wird in zwei nördliche und zwei südliche Zonen geteilt, die längs dem Hauptmeridian die Breitenintervalle 0—35 und 35—80° umfassen. Auf jede Zone kommen im Süden 3, im Norden 4 Blätter. Jedes Blatt wird längs dem inneren Rahmen zwischen 77 und 87 cm hoch, und die 8 Blätter am Hauptmeridian werden etwa 66 cm breit.

Bei dem Eintragen der Lotungen ist möglichst dafür gesorgt, daß in einfacher Weise die Schiffsnamen gegeben sind und daß zugleich eine Unterscheidung erreicht wird 1. zwischen Draht- und Echolotungen, 2. zwischen den Lotungen nach ihrem Alter, 3. zwischen beschickten und nicht beschickten Echolotungen, 4. zwischen der Herkunft der Lotorte (ob zahlenmäßig angegeben oder aus einer Karte abgelesen) und 5. zwischen den Drahtlotungen nach ihrer „Brauchbarkeit" (ob Bodenprobe vorhanden oder nicht, ob Boden nicht erreicht).

Auf einem durchsichtigen Deckblatt sind Isobathen gezeichnet, und zwar so, daß man sogleich erkennt, wenn die Tiefenlinien hinreichend oder mangelhaft belegt sind oder aber als sehr hypothetisch gelten müssen. Dies Ausscheiden der Isobathen aus der Quellenkarte scheint sehr praktisch in unserer Zeit, wo die Anzahl von Lotungen mittels des Echolotes so rasch anwächst.

HÅKON MOSBY, Bergen.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor" 1925—1927, herausgegeben im Auftrage der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von A. DEFANT. Band VI, 2. Teil: Quantitative Untersuchungen zur Statik und Dynamik des Atlantischen Ozeans. Dritte Lieferung: GEORG WÜST (unter Mitarbeit von A. DEFANT), Die dynamischen Werte für die Standardhorizonte an den Beobachtungsstationen. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1938. II, 82 S. und 1 Abbild. 23 cm × 30 cm. Preis geh. RM 13.—.

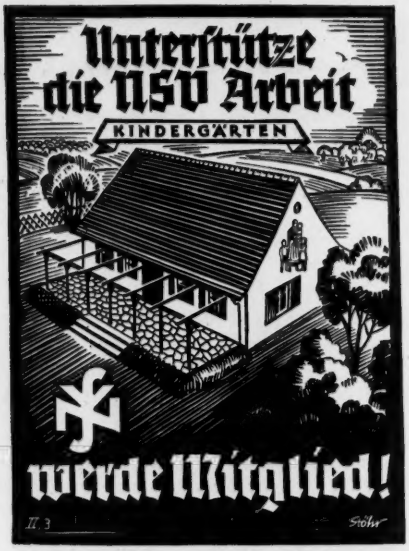
Die schon 1932 erschienenen Serienmessungen von Temperatur und Salzgehalt und die daraus errechneten Werte der Dichte (Bd. IV, 2. Teil) der „Meteor"-Stationen sind nunmehr, nach Aufzeichnen der Stationskurven von t°, $S^0/_{00}$ und σ_t, dynamisch berechnet. Die dabei benutzten Standardtiefen sind: 0,25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2250, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000. Die Tabellen enthalten in 9 Kolumnen: Tiefe (bzw. Druck), Temperatur, Salzgehalt, Dichte *in situ*, Druck, spezifisches Volumen, Anomalie des spezifischen Volumens, Tiefe der isobaren Fläche (in dyn.m.) und Anomalie der Tiefe der isobaren Fläche.

Die Dichtewerte sind erst mit Hilfe der SCHUMACHERschen Dichtetabellen berechnet, dann sind die Drucke berechnet, unter Benutzung der HESSELBERG-SVERDRUPschen Tabellen. Bei der Berechnung der Anomalien des spezifischen Volumens und der Tiefe der isobaren Flächen sind die BJERKNESschen Originalwerte zugrunde gelegt. Schließlich sind, zur Kontrolle, die Anomalien des spezifischen Volumens und der dynamischen Tiefe ein zweitesmal berechnet worden, jetzt mittels der vereinfachten SVERDRUPschen Tabellen.

Die Berechnung der mehr als 6000 Beobachtungspaare ist gründlich und gewissenhaft durchgeführt und die Tabulierung so vollständig, daß ein Vergleich mit dynamisch berechneten Beobachtungen anderer Expeditionen gewöhnlich direkt gemacht werden kann. Dies ist besonders von Bedeutung bei einem großen und geographisch umfangreichen Beobachtungsmaterial, wie dem der „Meteor"-Expedition.

HÅKON MOSBY, Bergen.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜPFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.



Bisher hat die NS-Volkswohlfahrt 5787 Dauerkindergärten errichtet.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Redigiert in Gemeinschaft mit **F. Hund**

von

Ferdinand Trendelenburg

Zuletzt erschien:

Siebzehnter Band

Mit 238 Abbildungen. III, 424 Seiten. 1938. RM 34.—; gebunden RM 35.60

Inhaltsverzeichnis:

Theoretische Gesichtspunkte zur Deutung der kosmischen Strahlung. Von Dr. phil. H. Euler und Professor Dr. W. Heisenberg, Leipzig.

Fortschritte auf dem Gebiete der Ultrarottechnik. Von Professor Dr. M. Czerny und Dr. rer. nat. H. Röder, Frankfurt a. M.

Ergebnisse der Ultrarotforschung. Von Dozent Dr. phil. habil. Frank Matossi, Breslau, z. Zt. Berlin-Dahlem.

Dielektrische Verluste im Zusammenhang mit dem polaren Aufbau der Materie. Von Dr. phil. F. Horst Müller, Berlin-Siemensstadt.

Die Deutung der Nordlichterscheinungen und die Struktur der Ionosphäre. Von Professor Dr. L. Vegard, Blindern b. Oslo (Norwegen).

Die Ionosphäre und ihr Einfluß auf die Ausbreitung elektrischer Wellen. Von Dr. rer. techn. Dipl.-Physiker Walter Dieminger, Rechlin (Meckl.).

Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen. Von Dr.-Ing. Gottfried Eckart, Mirow (Meckl.), und Dr.-Ing. Hans Plendl, Rechlin (Meckl.).

Kinetik der Polymerisationsprozesse. Von Dozent Dr. phil. habil. G. V. Schulz, Freiburg i. Br.

Inhalt der Bände I—XVII. — Namen- und Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Soeben erschien:

Das Reichsgesundheitsamt 1933—1939

Sechs Jahre nationalsozialistische Führung

Von

Professor Dr. **Hans Reiter**
Präsident des Reichsgesundheitsamtes

X, 374 Seiten. 1939. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Inhaltsübersicht:

Zum Geleit. Vorwort. — Erster Teil: A. Auswahl von Veröffentlichungen und Reden. B. Eröffnungsansprachen von Kongressen im Auftrage des Herrn Reichsministers des Innern. C. Sinnsprüche. — Zweiter Teil: Das Reichsgesundheitsamt 1933—1939. Von Professor Dr. Hans Reiter, Präsident des Reichsgesundheitsamts. Die Abteilung V (Verwaltung) 1933—1939. Von Oberregierungsrat Stümer. Die Abteilung A (Humanmedizin) 1933—1939. Von Vizepräsident Dr. Wiedel. Die Abteilung B (Veterinärmedizin) 1933—1939. Von Ministerialdirigent Professor Dr. Müssemeier. Die Abteilung C (Lebensmittelchemie) 1933—1939. Von Direktor Dr. Köpke. Die Abteilung E (Arbeitshygiene) 1933—1939. Von Oberregierungsrat Dr. Engel. Die Abteilung F (Pharmakologie und Physiologie) 1933 bis 1939. Von Oberregierungsrat Dr. Kärber. Die Abteilung G (Arzneimittel und Opium) 1933—1939. Von Oberregierungsrat Linz. Die Abteilung J (Biochemie) 1933—1939. Von Oberregierungsrat Dr. Dieckmann. Die Abteilung L (Erbmedizin) 1935—1939. Leiter: Direktor Dr. Schütt. Untergruppe L_1 (Allgemeine und angewandte Erb- und Rassenpflege). Von Direktor Dr. Schütt. Untergruppe L_2 (Kriminalbiologische Forschungsstelle). Von Professor Dr. med. et Dr. med. h. c. Edler von Neureiter. Untergruppe L_3 (Rassenhygienische und Bevölkerungsbiologische Forschungsstelle). Von Dr. phil. Dr. med. habil. Ritter. Untergruppe L_4 (Erbwissenschaftliches Forschungsinstitut). Von Professor Dr. Just. Die Abteilung N (Ernährungsphysiologie) 1935—1939. Von Direktor Professor Dr. Flößner. Das Institut für Infektionskrankheiten »Robert Koch« 1935—1939. Von Vizepräsident Professor Dr. Gildemeister. Die Preußische Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin-Dahlem. Von Vizepräsident Professor Dr. med. Konrich.

Dieses Buch will kurz zeigen, was das Reichsgesundheitsamt seit 6 Jahren, in denen es unter nationalsozialistischer Leitung steht, geleistet hat.

In der Darstellung der Tätigkeit des Reichsgesundheitsamts ergänzt es die anläßlich der 60-Jahres-Feier im Jahre 1936 erfolgten Veröffentlichungen und zeigt, wie diese Arbeit in einer ständigen Zunahme begriffen ist, deren weitere Entwicklung auch durch die letzten politischen Ereignisse im gleichen Sinne stark beeinflußt werden dürfte.

Der erste, weit umfangreichere Teil des Buches will durch die Wiedergabe einer größeren Anzahl von Vorträgen, Ansprachen und Äußerungen grundsätzlicher Art die Gesinnung vergegenwärtigen, die den Präsidenten des Reichsgesundheitsamts bei seiner Arbeit leitete.

Im ganzen gibt das Buch einen breiten Ausschnitt aus der Staatlichen Gesundheitsführung des Dritten Reiches, zeigt das, was bisher erreicht wurde, läßt jedoch auch die Probleme erkennen, deren Lösung erst begonnen werden konnte.

Vielen, denen die Arbeit des Reichsgesundheitsamts in ihrer ungeheuren Vielfältigkeit weniger bekannt ist, wird es einen brauchbaren Einblick in Form und Inhalt dieser Arbeit bieten, weiterhin jedoch auch manche Anregung für eine weitere Gestaltung der deutschen Gesundheitspolitik aufzeigen.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Hierzu drei Beilagen vom Verlag ***Julius Springer.***

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
DA. I. Vj. 3039. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.